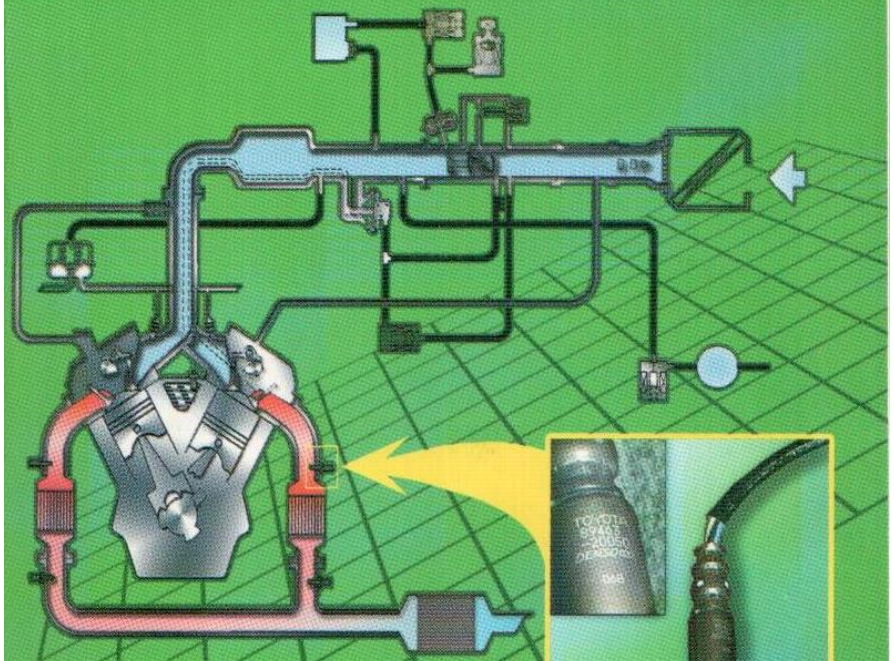
В. П. Лещенко

Кислородные датчики





Устройство
Принцип действия
Диагностика

Легион-Автодата



Рис. 1.21. Крепление системы выпуска (глава 1 "Датчики содержания кислорода ("Oxygen Sensor")").

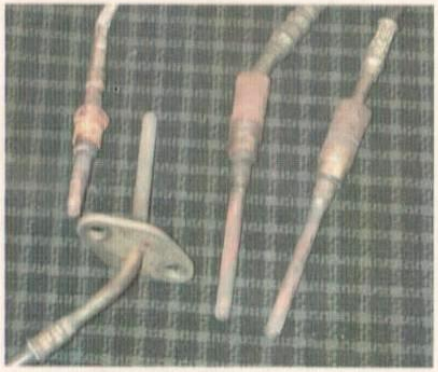


Рис. 2.12. В автомобилях Toyota используются аналогичные датчики перегрева нейтрализатора (глава 2 "Датчики кислорода и каталитический нейтрализатор").



Рис. 4.6. Подключение LAF-датчика с помощью 10-контактного разъема (глава 4 "Датчики обедненной смеси Honda").

В.П. Лещенко

КИСЛОРОДНЫЕ ДАТЧИКИ

Москва
Легион-Автодата
2003

Лещенко В.П. Кислородные датчики. М.: Легион-Автодата, 2003.– 112 с.: ил.

ISBN 5-88850-179-4

Издательство "Легион-Автодата" сотрудничает с Ассоциацией ветеранов спецподразделения антитеррора "АЛЬФА".

Часть средств, вырученных от продажи этой книги, направляется семьям сотрудников спецподразделения по борьбе с терроризмом, героически погибших при исполнении служебных обязанностей.

© ЗАО "Легион-Автодата" 2003
тел. (095) 273-42-61, 517-05-40
тел./факс (095) 362-18-19
E-mail: Legion@autodata.ru
www.autodata.ru

ISBN 5-88850-179-4

Лицензия ИД №00419.
Подписано в печать 11.11.2003.
Формат 60x90 1/16. Усл. печ. л. 7.
Бумага офсетная. Печать офсетная.
Тираж 3000 экземпляров.
Отпечатано с готовых диапозитивов.
в ГУП МО «Коломенская типография».
Заказ 4031.

Замечания, советы из опыта эксплуатации и ремонта автомобилей, рекомендации и отзывы о наших книгах Вы можете направить в адрес издательства:
111024, Москва, шоссе Энтузиастов, 15/16 или по электронной почте notes@autodata.ru.
Готовы рассмотреть предложения по размещению рекламы в наших изданиях.

Издание находится под охраной авторского права. Ни одна часть данной публикации не разрешается для воспроизведения, переноса на другие носители информации и хранения в любой форме, в том числе электронной, механической, на лентах и фотокопиях.



Моей матери Лидии
и моему сыну Алексею
посвящаю

"Овладей знанием и ты приобретешь способность речи"

Мабель Коллинз (1851-1927)
"Свет на пути"

Введение

Как-то считав код самодиагностики системы впрыска - *"Неисправность цепи насоса кислородного датчика"* (P1178 "Linear 02 Sensor, Pump Current Open Circuit"), я подумал, что, судя по всему, тема о датчиках содержания кислорода еще не закончилась. Системы совершенствуются, а вопросы все еще остаются. И поэтому я беру на себя смелость предложить Вашему вниманию материалы, посвященные этой теме.

В книге подробно рассмотрены принципы работы датчиков содержания кислорода самых разных конструкций, описание методик проверки, примеры диагностики их состояния и практики ремонта реальных автомобилей. Иллюстрации позволяют облегчить понимание сути происходящих при этом процессов.

Помимо описания обычных кислородных датчиков, в книге рассмотрены датчики двигателей обедненной смеси и совершенно новые - широкодиапазонные датчики состава топливо-воздушной смеси.

Выражаю искреннюю признательность Сергею Курлене, сотруднику издательства "Легион-Автодата", внесшему неоценимый вклад в создание того, с чем Вам предстоит ознакомиться.

Книга, безусловно, будет полезна как автолюбителям, так и профессиональным работникам автосервиса. При её написании использовались информационные ресурсы оригинальных руководств по ремонту, печатные издания и ресурсы сети Интернет.

1. Датчики содержания кислорода ("Oxygen Sensor")

Циркониевые кислородные датчики

Как известно, для правильной работы бензинового двигателя необходимо определенное соотношение между объемами топлива и воздуха, которые поступают в цилиндры.

Электронная система управления подачей топлива (ECM - Electronic Control Module) предназначена для поддержания этого соотношения в пропорции, наиболее соответствующей температурным условиям и нагрузке на двигатель. При этом обязательно соблюдение требований экономичности, требований защиты окружающей среды[1] и других технических параметров.

Исторически сложилось характеризовать отношение количества воздуха к количеству топлива, которое поступает в цилиндры двигателя внутреннего сгорания, коэффициентом Лямбда (λ). При стехиометрическом составе топливо-воздушной смеси (отношение количества воздуха к количеству топлива примерно 14,7:1) коэффициент λ=1 и смесь в цилиндрах двигателя внутреннего сгорания является оптимальной. При отклонении состава топливо-воздушной смеси происходит изменение состава отработавших газов[2]. На рис. 1.1 показано изменение содержания вредных веществ в отработавших газах в зависимости от степени обогащения смеси.

Строго говоря, значение коэффициента состава смеси определяется не только содержанием кислорода в отработавших газах. Его величина зависит ,и от содержания других веществ (CO, CO_2, NOx, HC). Кроме этого, обязательно учитываются параметры применяемого топлива. Для расчета точного значения λ-коэффициента обычно используется уравнение Бретшнайдера (Dr. J. Brettschneider, см. приложение)[3].

ECM определяет состав смеси (Лямбда-коэффициент - λ) по напряжению кислородного датчика, которое, в свою очередь, зависит от содержания остаточного кислорода в отработавших газах автомобиля. Поэтому для определения этого датчика стали использовать термин Лямбда-зонд[4]. Остальные названия этого датчика (Lambda-Zonde, O_2 sensor, Oxygen Sensor) являются результатом использования дословного перевода, аббревиатуры и т.п.

---

[1]Требования стандартов к содержанию вредных веществ см. в приложении.

[2]Состав отработавших газов зависит и от других факторов.

[3] "Bosch technische Berichte", Vol 6 (1979) No.4, Pages 177-186.

[4]Датчики кислорода (Sensor Lean Mixture (датчики обедненной смеси) и Wide-Range Air/Fuel Ratio Sensor (широкополосные датчики)) рассмотрены в отдельных главах.

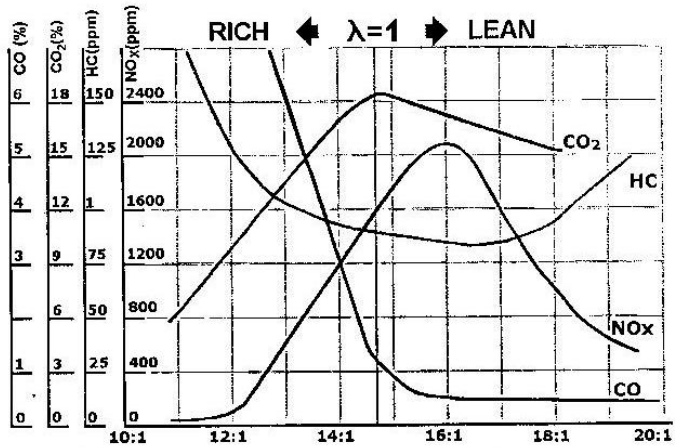


Рис. 1.1. Содержание вредных веществ в отработавших газах в зависимости от состава топливо-воздушной смеси.

Этот датчик располагается в выпускном коллекторе двигателя. В современных системах впрыска топлива часто применяется несколько датчиков содержания кислорода. В одних случаях это определяется конструкцией выпускного коллектора (V-образные двигатели), в других дополнительные датчики располагаются после каталитического нейтрализатора и используются для проверки его состояния и состояния основных датчиков кислорода (см. рис. 1.2).

В зависимости от напряжения кислородного датчика, ECM корректирует параметры топливо-воздушной смеси согласно заложенным в нем алгоритмам (программам) управления.

При прогретом двигателе и исправной системе впрыска ECM находится в режиме управления с обратной связью по напряжению датчика содержания кислорода ("Closed Mode"). В этом режиме происходит так называемое лямбда-регулирование количеством топлива, подаваемого в цилиндры. При этом коэффициент коррекции состава топливо-воздушной смеси составляет от 0,8 до 1,2 (± 20%) относительно расчетного значения.

Например, если ECM определяет топливо-воздушную смесь как бедную (низкое выходное напряжение), то он увеличивает время открытого состояния форсунок и затем проверяет реакцию двигателя (т.е. вновь "считывает" напряжение на датчике). В зависимости от результата или продолжает увеличивать количество топлива, или, если произошло перерегулирование, топливо-воздушная смесь слишком обогатилась и выходное напряжение возросло, уменьшает время открытого состояния форсунок.

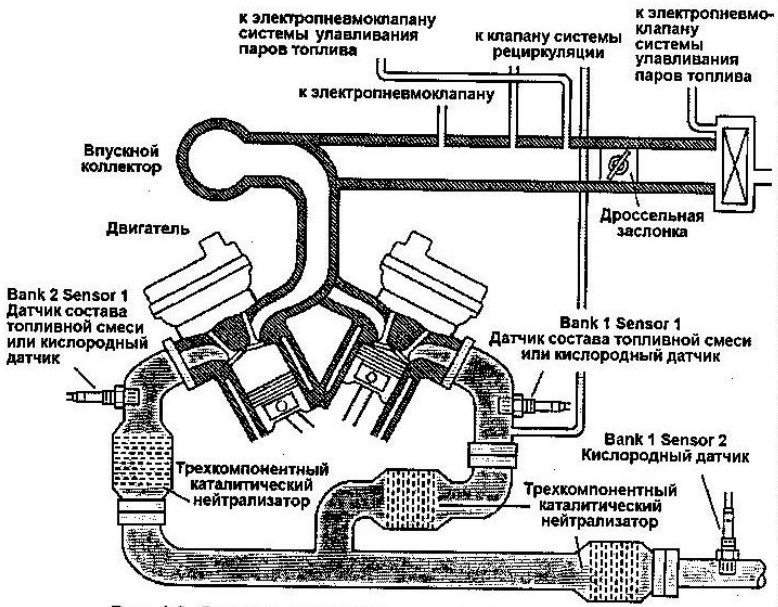


Рис. 1.2. Схема расположения кислородных датчиков.

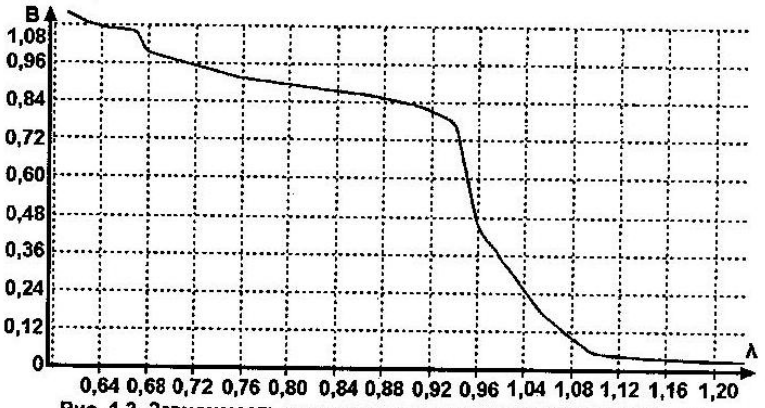


Рис. 1.3. Зависимость напряжения циркониевого кислородного датчика (O_2) от состава топливо-воздушной смеси (λ).

На рис. 1.3. показана выходная характеристика циркониевого кислородного датчика. Выходное напряжение такого датчика обратно пропорционально содержанию кислорода в отработавших газах.

При неисправном датчике ECM переходит в режим, при котором его напряжение не учитывается для определения параметров топливо-воздушной смеси, т.е. в режим управления без обратной связи по выходному напряжению кислородного датчика ("Open Loop mode"). В этом режиме ECM продолжает управлять составом топливо-воздушной смеси с учетом температуры двигателя, нагрузки и т.д.

При этом возможно следующее:

- обогащение состава топливо-воздушной смеси,
  следствием чего является
  - увеличение содержания CO и CH
  - неустойчивая частота вращения холостого хода
  - "плавающая" частота вращения коленчатого вала
  - перегрев каталитического нейтрализатора
  - увеличение расхода топлива
- при обеднении состава топливо-воздушной смеси может происходить
  - увеличение содержания CH и NO_x
    Примечание: при λ>1,1 наблюдается снижение уровня выбросов NO_x вследствие снижения температуры рабочего процесса (см. рис. 1.1).
  - "стремление" двигателя заглохнуть
  - "подергивание" при работе на холостом ходу
  - неустойчивая частота вращения холостого хода
  - "плавающая" частота вращения коленчатого вала
  - пропуски вспышек в цилиндрах
  - ухудшение динамических свойств

Обычно в режиме разомкнутой обратной связи используется коэффициент коррекции состава топливо-воздушной смеси, равный 1,0.

Кроме этого, режим управления составом смеси без обратной связи реализуется:

- при запуске двигателя,
- в режиме прогрева,
- при резком ускорении (открывании дроссельной заслонки),
- при отключении подачи топлива,
- при полностью открытой дроссельной заслонке,
- при наличии неисправности в системе впрыска.

Обычно используются датчики на основе двуокиси циркония (ZrO_2) или двуокиси титана (TiO_2) с использованием иттрия (Y), платины (Pt), палладия (Pd), сложных соединений на основе алюминия (Al).

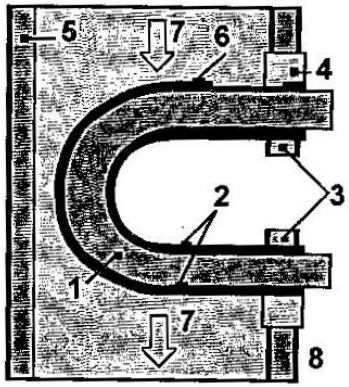


Рис. 1.4. Схема циркониевого кислородного датчика.
1. Электролит ZrO_2
2. Электроды
3 и 4. Контакты
5. Выпускной коллектор
6. Защитный кожух
7. Отработавшие газы
8. Атмосфера

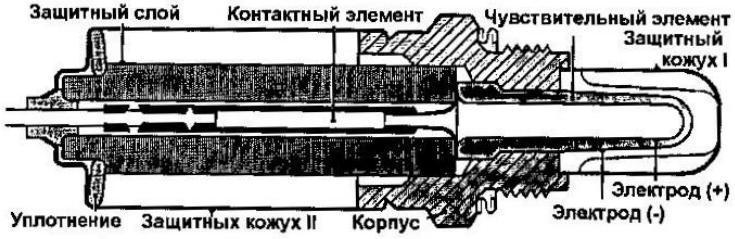


Рис. 1.5. Схема циркониевого кислородного датчика.

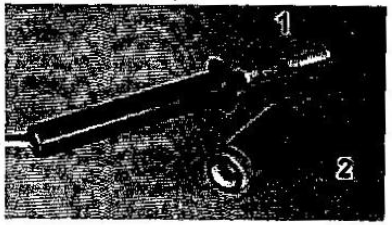


Рис. 1.6. Пористая керамика на основе ZrO_2, легированная оксидом иттрия.
1. Нагревательный элемент
2. Чувствительный элемент

Конструктивно датчик выполнен в виде металлического корпуса, в котором находится чувствительный элемент с платиновыми электродами (см. рис. 1.4). Один электрод находится в потоке отработавших газов, а второй - в атмосфере (см. рис. 1.5).

Пористая керамика на основе ZrO_2, легированная оксидом иттрия, является твердым электролитом, т.е. проводит ионы кислорода (см. рис. 1.6). После прогрева до рабочей температуры между электродами $Pt|ZrO_2|Pt$ возникает напряжение, величина которого определяется разностью содержания кислорода в отработавших газах двигателя (0,1 - 2 %) и в наружном воздухе (21 %).

Чем больше концентрация кислорода в отработавших газах, тем меньше выходное напряжение на кислородном датчике. Диапазон рабочих температур обычных датчиков составляет 300 - 400 °С. Диапазон выходного напряжения кислородного датчика составляет 0,01 - 1,2 Вольт и определяется его конструкцией. При стехиометрическом составе топливо-воздушной смеси (14,7:1) среднее значение выходного напряжения составляет примерно 0,45 – 0,5 Вольт. Следует отметить, что в зоне оптимального состава топливо-воздушной смеси (при λ, равном примерно 1) напряжение кислородного датчика характеризуется достаточно высокой крутизной выходной характеристики. Т.е. при таком составе смеси его выходное напряжение резко изменяется даже при незначительных изменениях содержания кислорода в отработавших газах. Поэтому принято считать, что циркониевый датчик является "переключательным" (см. рис.1.3). Со временем это свойство обычного циркониевого элемента стало его недостатком. ECM не мог с его помощью получать данные о содержании кислорода в отработавших газах в области обедненных смесей.

Механизм возникновения напряжения (э.д.с.) в чувствительном циркониевом элементе кислородного датчика представляет собой сумму достаточно сложных для описания электрохимических реакций на границе $Pt|ZrO_2|Pt$ твердого электролита элемента. Его суть заключается в том, что за счет разного парциального давления (вследствие разной концентрации) кислорода в атмосфере и в отработавших газах его ионы перемещаются и создают разность потенциалов. Подробное описание этих процессов выходит за рамки этого издания.

Зависимость выходного напряжения кислородного датчика от разницы содержания кислорода в отработавших газах и атмосфере описывается следующей формулой:

$$E = \frac{RT}{4F} \ln\left(\frac{Po_2}{Po_2'}\right),$$

где:
R – газовая постоянная, T – абсолютная температура,
F - постоянная Фарадея,
PO_2 - парциальное давление кислорода в атмосфере,
PO_2' - парциальное давление кислорода в отработавших газах.

Необходимо отметить, что платиново-циркониевый элемент находится в одном ряду с другими гальваническими элементами, вырабатывающими напряжение в зависимости от разницы освещенности, давления или температуры. *Особо следует отметить то, что процесс является обратимым. Т.е. если при разной концентрации кислорода у электродов напряжение вырабатывается, то прикладывание напряжения вызывает перемещение ионов кислорода в твердом электролите. Это явление нашло свое применение при дальнейшем совершенствовании датчиков кислорода.*

Датчики содержания кислорода различаются конструкцией корпуса и чувствительного элемента, способами крепления (см. рис. 1.7). Используется установка с помощью фланца или посредством резьбового соединения. Также возможны различные варианты количества проводов, с помощью которых производится подключение к ECM (от одного до восьми).

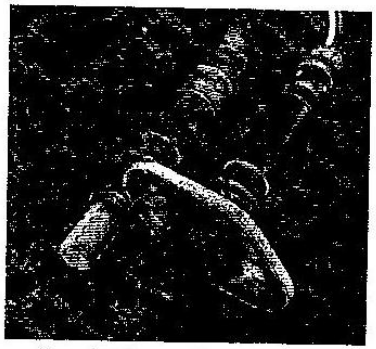


Рис. 1.7. Способы крепления кислородных датчиков.

Для стабилизации температурного режима при Х.Х. двигателя (то есть при относительно невысокой температуре отработавших газов) и для уменьшения времени прогрева после запуска холодного двигателя чувствительный элемент некоторых датчиков имеет встроенный нагреватель (см. рис.1.8). Признаком таких датчиков является наличие более двух контактов и несколько иная конструкция.

Подогреваемые кислородные датчики (Heater Oxygen Sensors) входят в рабочий режим за десятки секунд. Сокращение времени вхождения в рабочий режим ("closed loop") позволяет уменьшить расход топлива, сократить количество выбросов вредных веществ в атмосферу и продлить срок службы каталитического нейтрализатора. Сопротивление нагревательного элемента обычно составляет от 1,2 - 15 Ом.

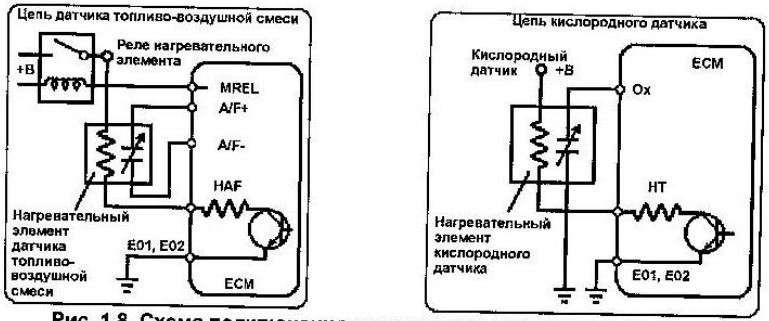


Рис. 1.8. Схема подключения датчиков кислорода со встроенным нагревательным элементом.

Титановые кислородные датчики

В некоторых системах впрыска нашли применение датчики, в которых используется чувствительный элемент на основе титана (TiO_2). Принцип действия титанового кислородного датчика отличается от принципа работы циркониевого датчика. Такой датчик изменяет *проводимость* в зависимости от содержания кислорода (см. рис. 1.9). Титановый датчик изменяет своё сопротивление скачкообразно: от малого (менее 1 кОм) при богатой смеси, к большому (более 20 кОм) при обедненной смеси. Т.е. имеет отличную от нуля и положительную первую производную сопротивления (R) по содержанию кислорода (K), $^{dR}/_{dK}$. Наличие гистерезиса, т.е. разности порогов срабатывания при переходе от богатой к бедной смеси и наоборот, не установлено.

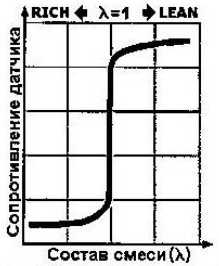


Рис. 1.9. Характеристика титанового датчика.

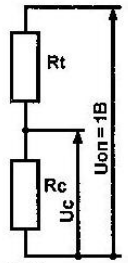


Рис. 1.10. Схема включения датчика.

Титановые датчики используются в некоторых моделях Nissan: Stanza 4WD выпуска 1986 г. и позже, Maxima, Stanza 4WD, 300 ZX и Sentra выпуска 1987 г. и ранее, Mitsubishi (GT 3000), Toyota (4A-GE на Corolla GTS, 3VZ-E на Truck 2WD), Chrysler (Jeep Cherokee, Wrangler).

ECM формирует на сигнальном выходе титанового датчика опорное напряжение (обычно 1 Вольт) от высокоомного источника тока. Изменение состава топливо-воздушной смеси вызывает скачкообразное изменение сопротивления титанового датчика и, как следствие, столь же быстро изменяется протекающий через него ток. Соответственно этому, изменяется падение напряжения на включенном последовательно с датчиком сопротивлении Rc (см. рис. 1.10). При богатой смеси сопротивление титанового элемента уменьшается, что приводит к увеличению тока через чувствительный элемент и к увеличению падения напряжения на эталонном сопротивлении (Rc). При бедной смеси его сопротивление увеличивается, протекающий ток уменьшается и, как следствие, напряжение уменьшается (см. рис. 1.11).

Титановый измерительный элемент характеризуется значительной температурной зависимостью, поэтому для поддержания необходимой температурной стабильности в него встроен подогреватель.

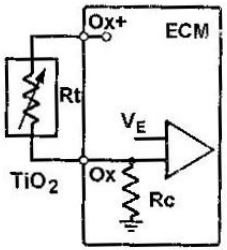


Рис. 1.11. Титановый датчик кислорода.

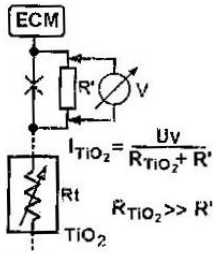


Рис. 1.12. Проверка сопротивления титанового датчика кислорода.

Системы впрыска некоторых производителей (например, 4.0L Jeep Cherokee) оборудованы титановыми датчиками, на которые подается эталонное напряжение 5 Вольт. В зависимости от состава отработавших газов его выходное напряжение изменяется от 5 до 1 Вольта. Такой датчик можно проверить омметром. Для этого отсоедините разъем датчика (при выключенном зажигании) и измерьте его сопротивление, оно должно быть в пределах 5 - 7 Ом. Бесконечное сопротивление указывает на неисправность.

Титановые датчики по сравнению с циркониевыми имеют некоторые преимущества:

- отсутствие необходимости контакта с атмосферой;
- меньшее время прогрева (приблизительно 15 секунд);
- меньшая рабочая температура.

Поэтому они могут располагаться на большем расстоянии от двигателя и использоваться в двигателях с турбокомпрессором.

Есть у них и недостатки. За счет большой крутизны выходной характеристики ухудшается точность поддержания оптимального состава смеси. В настоящее время титановые датчики, даже в фирме Nissan, впервые их применившей, практически вытеснены чувствительными элементами на основе циркония.

Проверка титанового датчика не всегда достоверна при подключении к нему вольтметра, т.к. входное сопротивление датчика сравнимо с выходным сопротивлением измерительного прибора. Наиболее эффективна его проверка с помощью амперметра, который подключается последовательно с сигнальным проводом, т.е. в "разрыв" электрической цепи сигнального провода. Возможна проверка (см. рис. 1.12) с помощью низкоомного дополнительного сопротивления (R'), которое устанавливается в "разрыв" сигнального провода датчика. Производя измерение падения напряжения на этом дополнительном резисторе (Uv) и зная его сопротивление, достаточно просто определить ток.

Диагностика (проверка) кислородных датчиков

Обычно долговечность кислородных датчиков составляет примерно от 100 до 160 тыс. км. Преждевременный выход из строя датчика провоцируют:

- продукты сгорания насыщенных углеводородов моторного масла (при низкой кондиции маслосъемных колец или колпачков);
- применение этилированного бензина, а также бензина с железо- и марганецсодержащими добавками, повышающими антидетонационные свойства топлива и известными среди автомобилистов как "красная смерть" свечей;
- попадание в чувствительный элемент продуктов кремнийорганических (силиконовых) герметиков;
- всевозможные "присадки", "очистители топливных систем", растворители, сольвенты и тому подобные добавки в топливо. Использовать следует только жидкости, сертифицированные для систем с датчиками кислорода и каталитическими нейтрализаторами;
- составные части охлаждающей жидкости (антифриза), попавшие в систему выпуска.

В результате воздействия перечисленных факторов ухудшается быстродействие датчика. Это является начальным этапом ухудшения его выходных параметров и вызывает запаздывание срабатывания цепи обратной связи при поддержании оптимального состава топливовоздушной смеси, что значительно снижает эффективность управления. При этом возможно ухудшение характеристик управляемости автомобиля (потеря мощности), а также снижение экономичности, повышение содержания вредных веществ в отработавших газах.

Следует отметить, что некоторые неисправности датчиков (снижение чувствительности, уменьшение быстродействия и диапазона выходного напряжения) ECM фиксирует не всегда. Алгоритм определения этой неисправности зависит от года выпуска, модели, комплектации и т.п. Поэтому и судить об исправности датчиков содержания кислорода можно только после соответствующей проверки и не следует ограничиваться только считыванием кодов самодиагностики.

С 1994 года часть автомобилей, оборудованных системой самодиагностики OBD-II (On-Board Diagnostics II), обнаруживают повышенную инерционность и информируют об этом водителя включением индикаторной лампы неисправности ("Check Engine") (см. рис. 1.13). Обычные системы самодиагностики не определяют эту неисправность.



Рис. 1.13. Индикаторные лампы неисправностей ("Check Engine").

Не столь редко встречаются механические повреждения и обрыв нагревателя. Эту неисправность ECM определяет сразу и информирует об этом негаснущим индикатором "Check Engine".

При анализе состояния кислородного датчика следует учитывать, что его ненормальное напряжение может быть вызвано не только его собственной неисправностью, но и другими причинами. Иногда встречаются ситуации, при которых этот датчик только отражает состояние (неисправность) других датчиков или исполнительных устройств.

Часто при значительном загрязнении датчик перестает реагировать на состав топливо-воздушной смеси, т.е. наступает его полная неработоспособность. Как следствие, напряжение датчика не меняется или в нем появляется отрицательная составляющая. Система самодиагностики обычно идентифицирует эту неисправность, и система впрыска переходит в режим управления без обратной связи ("open loop mode"). В этом режиме показания кислородного датчика не учитываются при определении продолжительности импульса управления форсункой[5]. Об этом состоянии информирует не гаснущий после запуска двигателя транспарант на приборном щитке "Check Engine". В этой ситуации ECM управляет составом топливо-воздушной смеси только на основании других датчиков (температуры, разрежения, положения дроссельной заслонки и т.д.), и поэтому её состав значительно отличается от стехиометрического соотношения.

Проведение диагностики кислородного датчика начинайте со считывания кодов неисправностей. Если коды, соответствующие неисправности датчика, не считаны, то это ещё не есть свидетельство его исправности. Некоторые системы самодиагностики определяют только "крайние" ситуации (обрыв или замыкание сигнального провода или нагревателя), но для них недоступно определение ухудшения быстродействия датчика и уменьшение диапазона выходного напряжения. Наличие кода неисправности датчика является необходимым, но не достаточным условием для замены датчика. Обрыв провода, его замыкание или другие причины могут спровоцировать появление кода неисправности датчика. Проверять выходное напряжение (осциллографом, тестером, сканером данных) необходимо, подключаясь к сигнальному проводу датчика при работающем и прогретом двигателе. При проверке выходного напряжения кислородного датчика вольтметром используйте стрелочный прибор[6] с достаточно высоким входным сопротивлением или соответствующий индикатор. Полную информацию о состоянии этого датчика можно получить с помощью осциллографа или соответствующих сканеров данных.

[5] До тех пор, пока ECM "видит" реакцию кислородного датчика на изменение состава топливо-воздушной смеси, он ею управляет, используя его выходное напряжение (ток). Но разные производители, в разных системах, в разные годы позволяли себе разные алгоритмы определения его неисправности. Так на "старых" MMC его низкое напряжение воспринимается как "бедная" смесь, но не более того.
Только введение стандартов OBDII определило четкие критерии оценки его состояния и алгоритмы проверки.

При проверке нагревателя не стоит ограничиваться проверкой его сопротивления. Необходимо проверять и напряжение, которое подводится к его контактам.

Неисправность кислородного датчика - возможная, но далеко не единственная причина[7] увеличенного расхода топлива, проблем с динамикой и неустойчивого холостого хода двигателя! Следует проводить комплексную проверку состояния датчиков, исполнительных устройств и других составных частей системы впрыска.

Нередко причиной беспокойства по поводу увеличенного расхода топлива бывает "неправильная" методика его измерения. Например, расчет "по стрелке указателя уровня топлива" просто несерьезен. Часто проблемы повышенного расхода топлива возникают "на ровном месте". Владелец начинает беспокоиться при частых ежедневных поездках на незначительные расстояния, т.е. в ситуации, когда двигатель и прогреться не успевает до их окончания. А проблема в том, что двигатель практически все время работает в режиме прогрева, т.е. при обогащенной смеси, а это не может не сказаться на экономичности.

Напряжение кислородного датчика может не соответствовать составу формируемой топливо-воздушной смеси при негерметичности системы выпуска, неисправности системы зажигания и по другим причинам. Например, пропуск воспламенения в цилиндре вызывает попадание атмосферного кислорода в систему выпуска и провоцирует "ложное" (в данном случае, пониженное) выходное напряжение этого датчика.

Если выходное напряжение кислородного датчика постоянно больше 0,5 В, то это может являться признаком обогащенной смеси. Обычно причинами этого являются:

- неисправности датчика разрежения во впускном коллекторе (MAP) или датчика потока воздуха (MAF);
- нарушение герметичности форсунок;
- повышенное давление в топливной системе;
- неисправность датчиков температуры воздуха на впуске и охлаждающей жидкости;

[6] При использовании цифровых вольтметров возможны ошибки из-за недопустимо большого (для данного измерения) времени преобразования.

[7] Практика показывает, что часто причиной "недостатков" автомобиля является несвоевременное прохождение технического обслуживания (замена топливного и воздушного фильтров, свечей и т.д.)

- неправильное функционирование системы рециркуляции отработавших газов (EGR);
- неисправности системы вентиляции картера;
- неисправная система улавливания паров топлива;
- а также неисправность самого кислородного датчика.

Если его выходное напряжение постоянно меньше 0,45 В, то это признак обедненной смеси. Это может быть вызвано:

- неисправностью датчика разрежения во впускном коллекторе (MAP) или датчика потока воздуха (MAF);
- негерметичностью системы впуска и повреждением или плохим соединением вакуумных шлангов ("подсос" воздуха во впускной коллектор);
- пониженным давлением в топливной системе;
- неисправностями системы зажигания;
- загрязненностью форсунок;
- неисправностью системы рециркуляции отработавших газов;
- негерметичностью системы выпуска;
- нарушением теплового режима или неисправностью самого датчика.

ECM в попытке компенсации якобы "бедной" смеси реагирует на эту ситуацию увеличением времени открытого состояния форсунок. Это приводит к повышенному расходу топлива, увеличению содержания CO и может провоцировать преждевременный выход их строя каталитического нейтрализатора.

Выходное напряжение датчика при исправной системе и работе прогретого двигателя на режиме холостого хода должно постоянно изменяться от высокого уровня к низкому и обратно. Эти флуктуации напряжения являются признаком того, что ECM находится в режиме замкнутой обратной связи по напряжению кислородного датчика ("closed loop") и постоянно отслеживает и регулирует состав топливо-воздушной смеси ("feedback"). Обычно выходное напряжение изменяется в диапазоне от 0,1 до 0,9 Вольт.

Полезно проверять кислородный датчик путем определения количества "переключений" выходного напряжения датчика при повышенной частоте вращения коленчатого вала (2000-2500 об/мин). Формальный критерий проверки – наличие более 8 переключений в течение 10 секунд. Обязательно проверяйте диапазон выходного напряжения датчика и оценивайте время переключения из состояния "богатая смесь"("rich mixture") в состояние "бедная смесь" ("lean mixture") и обратно при разных режимах (см рис.1.14).

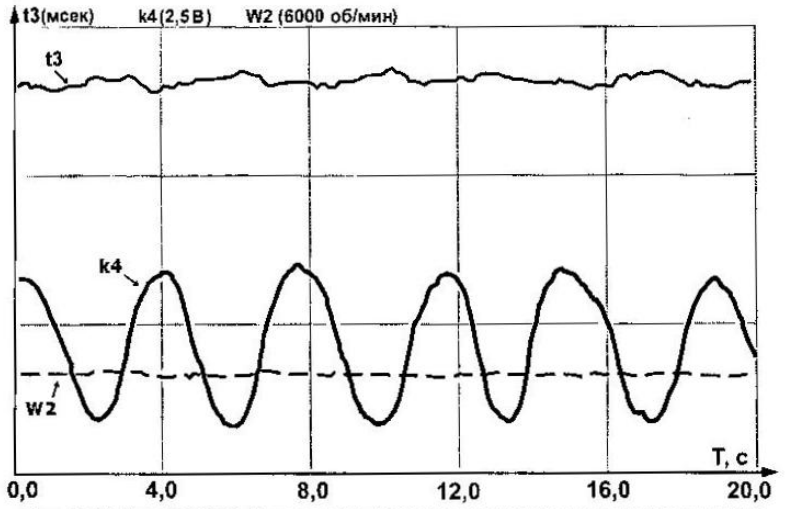


Рис. 1.14. Графики выходного напряжения циркониевого кислородного датчика (k4), частоты вращения коленчатого вала (W2) и времени открытого состояния форсунок (t3) при работе прогретого двигателя на режиме холостого хода.

Достаточно информативна проверка реакции выходного напряжения датчика на поступление дополнительного топлива. Если при работе прогретого двигателя на режиме холостого хода снять вакуумный шланг с регулятора давления в топливной системе, то это вызовет повышение давления и, как следствие, увеличение количества топлива, подающегося в цилиндры. При исправном датчике его выходное напряжение повысится. Если этого не происходит, то причинами могут быть или проблемы с давлением в топливной системе, или действительная неисправность датчика.

На рис. 1.14 приведены графики выходного напряжения циркониевого кислородного датчика (k4), частоты вращения коленчатого вала (W2) и времени открытого состояния форсунок (t3) при работе прогретого двигателя на режиме холостого хода. Заметно, что система функционирует при замкнутой обратной связи по выходному напряжению датчика ("closed mode"). При увеличении выходного напряжения кислородного датчика (т.е. при обогащенной смеси) ECM уменьшает время открытого состояния форсунок и, наоборот, при бедной смеси (низком напряжении) – увеличивает.

Не проверяйте сопротивление циркониевого датчика омметром при работающем двигателе и НИКОГДА не соединяйте сигнальный провод датчика с минусом, "землей", "общим" и т.п.

Анализ возможных причин выхода из строя датчика на основе его внешнего вида выходит за рамки этой публикации.

При Х.Х. прогретого двигателя возможна проверка только диапазона выходного напряжения кислородного датчика, но невозможна достоверная проверка его быстродействия (постоянной времени). В этом режиме время нарастания (как и время спада) его выходного напряжения зависит не только и не столько от его динамических свойств, а от "программной" постоянной времени системы впрыска. Т.е. от дискретности приращения длительности следующего управляющего форсункой импульса напряжения. Проверка быстродействия датчика по его выходному напряжению возможна только при анализе его выходного напряжения после окончания режима "принудительного холостого хода".

При проверке обратите внимание на то, что при резком открывании дроссельной заслонки происходит обогащение топливо-воздушной смеси (участок 2 на рис. 1.15). При отпускании педали акселератора и на "принудительном" Х.Х. - значительное обеднение её состава. В связи с тем, что датчик расположен на некотором удалении от выпускных клапанов, его выходное напряжение изменяется с задержкой.

Следует проверить выходное напряжение датчика при Х.Х. (участок 1) и при принудительном Х.Х. (участок 3), то есть при отпущенной педали акселератора, но ещё больших оборотах двигателя, когда осуществляется "отсечка" подачи топлива. Сравните с графиком.

Рассмотрим участки "А" и "В" (см. рис. 1.15). И тот и другой соответствуют переходу выходного напряжения датчика в состояние обогащенной смеси. Но участок "А" соответствует режиму лямбда-регулирования составом смеси и характеризует постоянную времени системы управления подачей топлива в режиме "Closed Mode" (в данном случае ECM's Management time constant, a=800 мс).

Повторюсь, но длительность этого участка не может быть критерием оценки постоянной времени (быстродействия), потому что она определяется не столько его быстродействием, сколько скоростью увеличения (изменения) подачи топлива ECM. То есть тем, насколько длительность открытого состояния форсунки в следующем рабочем такте будет больше, чем в текущем.

Участок "В" – реакция кислородного датчика на возобновление подачи топлива в момент времени "с". В этот промежуток времени длительность переключения датчика зависит только от его быстродействия, и только это время может служить критерием оценки.

В этой ситуации ("с") происходит возобновление подачи топлива и резкое обогащение смеси, и время переключения датчика зависит только от его динамических свойств. Постоянная времени данного датчика (Response Rate), b=300 мс.

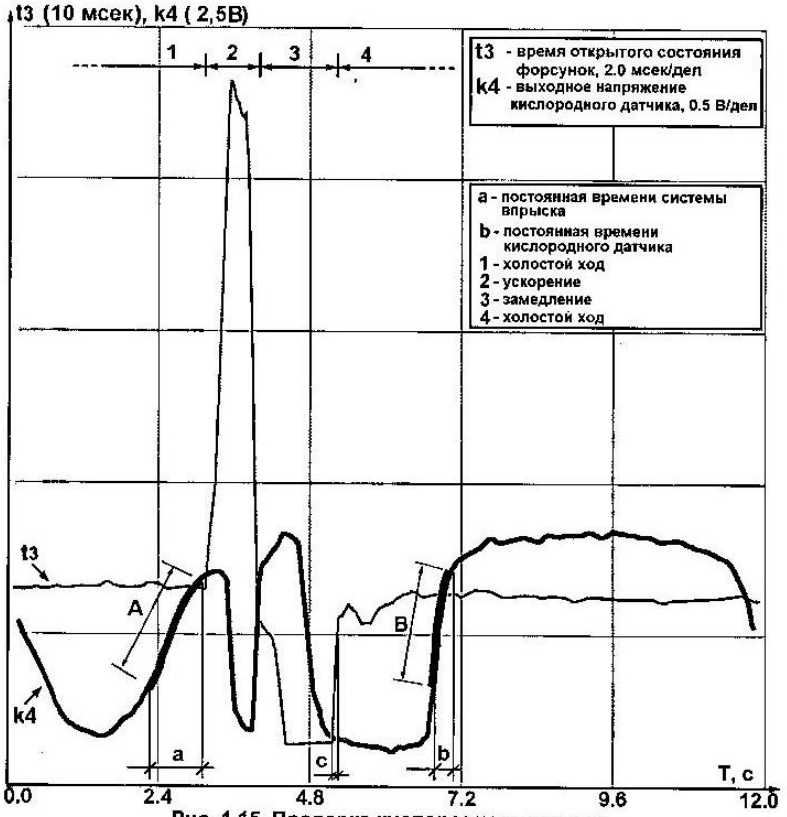


Рис. 1.15. Проверка кислородного датчика.

Смещение диапазона выходного напряжения может быть вызвано повышенным сопротивлением в цепи массы (ECM, двигателя, кузова), неисправностью (неточностью) измерительного прибора. Одной из причин низкого (малого) выходного напряжения может быть недостаточная "прогретость" датчика, вызванная утечками в системе выпуска.

Если в результате проведенной диагностики выясняется, что неисправен датчик, то его необходимо заменить.

Иногда причиной того, что не гаснет индикатор "Check Engine" ("MIL") при работающем двигателе, является небрежность технического персонала при проведении ремонтных работ. Например, включение зажигания при отсоединенном разъеме какого-нибудь узла системы впрыска, в том числе и разъема кислородного датчика. Поэтому после считывания соответствующего кода диагностики следует проверить датчик, очистить память кодов самодиагностики, совершить контрольную поездку и вновь считать коды.

Пример диагностики состояния кислородного датчика

Рассмотрим историю диагностики Honda CR-V 1999 года выпуска (пробег 46214 км) с двигателем 2.0 DOHC B20Z1. Симптомы: регулярное включение лампы индикатора "Check Engine" спустя несколько минут после запуска прогретого двигателя. При этом происходило заметное ухудшение динамических качеств автомобиля и устойчивости работы двигателя при Х.Х.

При считывании кодов самодиагностики путем замыкания контактов 2-контактного диагностического разъема "Service Check Connector", с помощью лампы Check Engine" (см. рис. 1.16.) был получен код "1" ("SAE-DTC P0131 - "Primary HO2S-1 Low Voltage").

Согласно документации, этот код идентифицируется как "неисправность (низкое напряжение) переднего датчика кислорода".

На рис. 1.17 приведены некоторые параметры системы впрыска при различных режимах двигателя.



Рис. 1.16. Диагностический разъем "Service Check Connector".

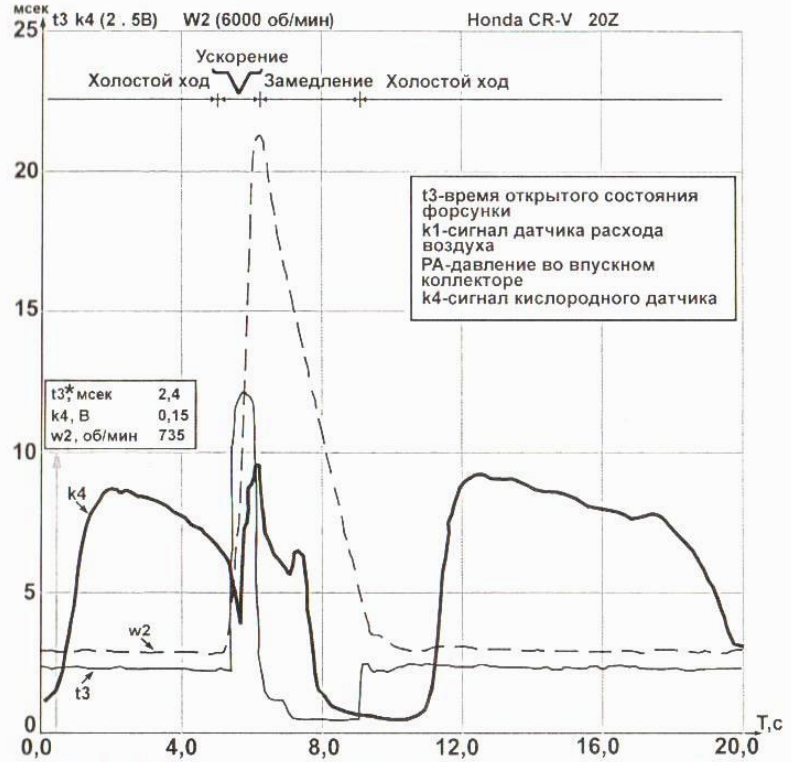


Рис. 1.17. Некоторые параметры системы впрыска при различных режимах двигателя.

На рис. 1.18 представлен результат проверки напряжения датчика при повышенной (2500 об/мин) частоте вращения коленчатого вала прогретого двигателя. Кислородный датчик характеризуется большим диапазоном изменения выходного напряжения, значительным быстродействием. Заметна реакция ECM (изменение времени впрыска, k4) на изменение состава топливо-воздушной смеси (выходное напряжение кислородного датчика).

На рис. 1.19 приведены те же параметры, но при работе двигателя на режиме холостого хода.

И эти данные (диапазон выходного напряжения, быстродействие) были в пользу версии об исправности датчика.

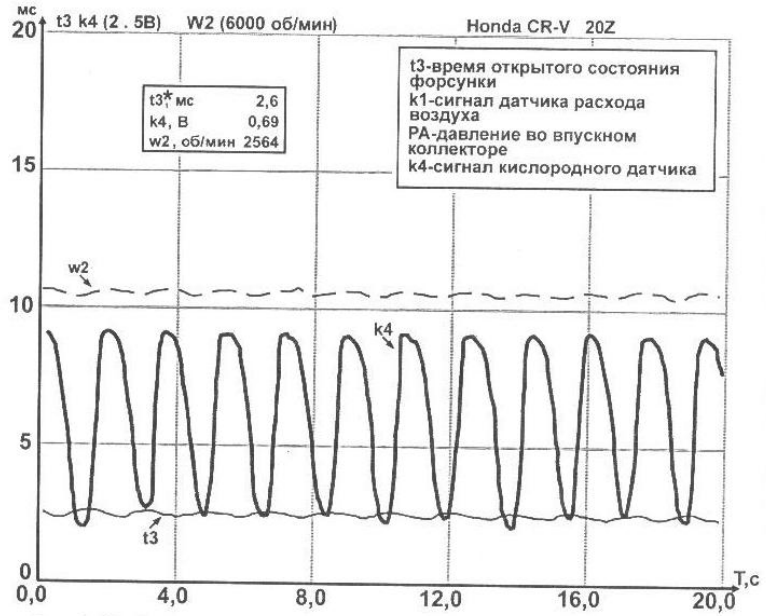


Рис. 1.18. Результат проверки напряжения датчика при повышенной (2500 об/мин) частоте вращения прогретого двигателя.

Для окончательной проверки была проверена реакция системы на повышение давления в топливной системе (см. рис.1.20). При Х.Х. прогретого двигателя был снят и заглушен вакуумный шланг с регулятора давления в системе (участок "В"). После повышения давления выходное напряжение датчика резко возросло. ECM "ответил" на обогащение топливной смеси уменьшением времени открытого состояния форсунок (с 2,5 мсек до 2,4 мсек). Судя по графику, ECM еще какое-то время "приходил в себя" после нормализации давления.

Но, как известно, чудес не бывает…

При проверке (внешнем осмотре) системы выпуска оказалось, что при сборке слесари неправильно установили фрагмент крепления (см. рис. 1.21 на 2 странице обложки) и просто наживили гайки в месте соединения трубы системы выпуска и выпускного коллектора. Но в этом месте соединения из-за перекоса осталась небольшая щель, на которую не обратили внимания и через которую часть отработавших газов попадала в атмосферу, минуя датчик. Это происходило из-за того, что в системе выпуска установлен каталитический нейтрализатор, который оказывает динамическое сопротивление потоку газов, и вследствие чего давление[8] в нем несколько выше атмосферного. ECM, сопоставляя количество топлива, подаваемого в цилиндры, с выходным напряжением кислородного датчика, определял их несоответствие и делал вывод о неисправности последнего. Механизм этой "неисправности" можно объяснить тем, что при осуществлении коррекции состава топливовоздушной смеси диапазон напряжения датчика "смещался" относительно реального состава в сторону более бедного. Т.е. приращение напряжения датчика не соответствовало реальному изменению количества топлива и ECM это "объяснял" неисправностью системы. В принципе он был прав, хотя и ошибался в определении "виноватого".

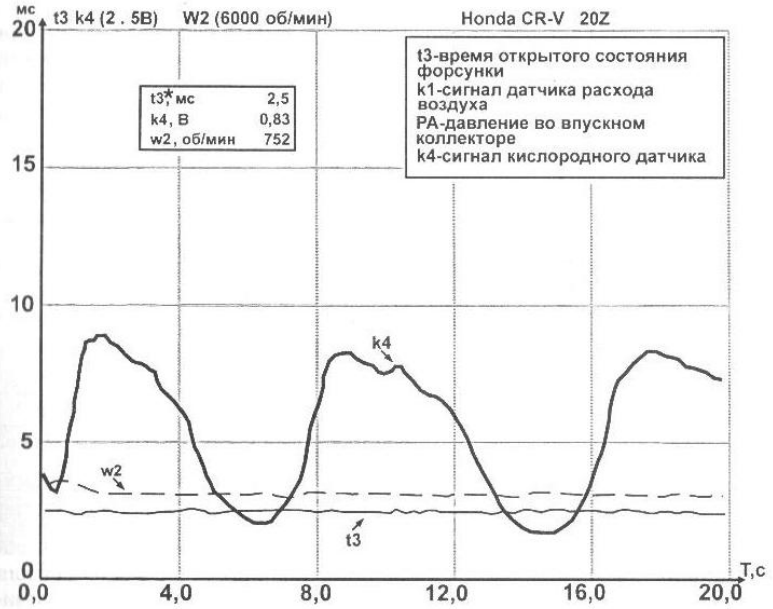


Рис. 1.19. Результат проверки напряжения датчика при работе прогретого двигателя на режиме холостого хода.

[8] При нормальной пропускной способности каталитического нейтрализатора избыточное давление в системе выпуска не более 0,21 кг/см^2

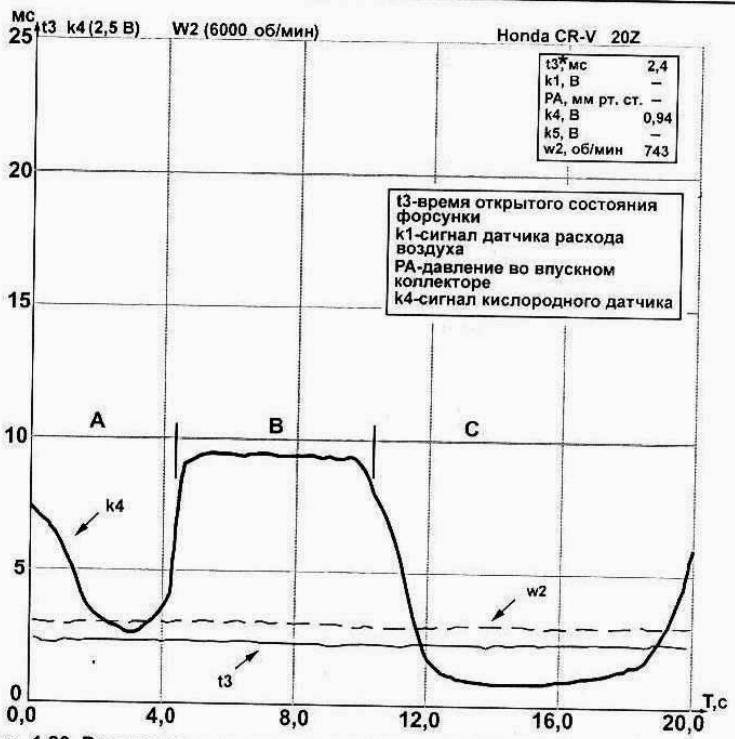


Рис. 1.20. Реакция системы на повышение давления в топливной системе.

Замена оригинальных кислородных датчиков

Накоплен богатый положительный опыт применения в качестве "заменителя оригинальных" кислородных датчиков Oxygen Sensors BOSCH[9] "LSH 25 0 258 005 133". Это 4-контактные циркониевые датчики (2 белых провода - подогрев, черный - сигнальный, серый - общий), предназначенные для использования в топливных системах ВАЗ. Доступность их цены позволяет рекомендовать этот вариант как альтернативу покупке "оригинального". При замене (см. рис. 1.22) на 4-контактный датчик необходимо один провод нагревателя и сигнальный "минус" (экран) надежно подключить к корпусу автомобиля. Второй провод подогревателя необходимо подключить к контакту, на котором

[9] Кислородный датчик LADA / SAMARA (2108) (1.86-) / 1500 (2.95-).

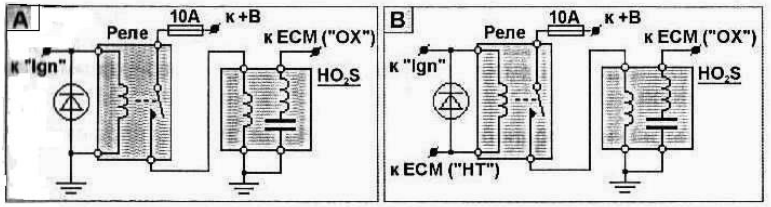


Рис. 1.22. Схема включения альтернативного датчика.
A-подключения 4-контактного датчика вместо 1-контактного
B-подключения 4-контактного датчика вместо 4-контактного

всегда "+" после включения "IGN". Подключение к контакту "+" катушки зажигания нецелесообразно, т.к. некоторые системы используют дополнительные "гасящие" сопротивления в цепи питания катушки, а также из-за значительного увеличения токовой нагрузки на эту электрическую цепь при холодном подогревателе.

Подключение к контактам топливного насоса иногда достаточно трудоемко. На мой взгляд, следует использовать контакт "IGN1,2" замка зажигания.

При замене датчика, который крепится с помощью фланца, этот же фланец можно использовать как переходник (см. рис. 1.23). Наваривать гайку необязательно, толщины фланца вполне достаточно для нарезания полноценной резьбы М18х1.5 (примерно 5 "ниток").

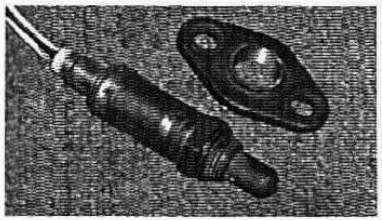


Рис. 1.23. Способ крепления кислородного датчика.

При использовании "неоригинального[10]" кислородного датчика следует сравнить сопротивления нагревателей. У "оригинальных" оно составляет примерно 6...15 Ом, а у Bosch - 2,5...3 Ом. Поэтому напряжение на нагреватель следует подавать через реле. Это также позволяет избежать появления кода самодиагностики "обрыв подогревателя". Для ограничения выбросов напряжения "противо-э.д.с." электромагнитной обмотки параллельно ей подключается обычный диод. Если заменяет-

[10] Кислородные датчики выпускают известные фирмы NGK, Lucas, HJS, Magnetti Marelli, Bosch

ся одноконтактный кислородный датчик, то необходимо обязательно использовать (подключать) нагреватель. Контакт "сигнального минуса" надежно соединить с корпусом автомобиля или минусовой клеммой аккумулятора.

Параметры кислородного датчика BOSCH для системы впрыска ВАЗ (данные любезно предоставлены Дмитрием Дударем).

Значения на основе пропана в газовой горелке Y258 P02 042	Новый датчик		Датчик после 500 ч испытаний	
Температура отработавших газов	350°C	850°C	350°C	850°C
Напряжение датчика, (мВ) при λ = 0,97 (CO = 1%)	840 ± 70	710 ± 70	840 ± 80	710 ± 70
Напряжение датчика, (мВ) при λ = 1,10	20 ± 50	55 ± 30	20 ± 50	40 ± 40
Сопротивление поверхности датчика (кОм)	< = 1,0	< = 0,1	< = 1,5	< = 0,3
Время перехода "богатая-бедная смесь", мсек (600 мВ...300 мВ)	< 100	< 100	< 200	< 100
Время перехода "бедная-богатая" смесь, мсек (300 мВ...600 мВ)	< 100	< 100	< 200	< 60

2. Датчики кислорода и каталитический нейтрализатор

Каталитические нейтрализаторы вредных веществ устанавливаются в автомобилях с середины 70-х годов. Вначале использовались так называемые катализаторы стандартного окисления (Conventional Oxidation Catalysts - COC (см. рис. 2.1)).

Эти нейтрализаторы преобразовали только соединения HC и CO и поскольку не обеспечивали преобразование NO_x, то для снижения выброса этого компонента большинство машин работали при несколько переобогащенной топливо-воздушной смеси. Нейтрализатор был выполнен в виде полости, заполненной керамическими шариками, поверхность которых была покрыта тонким слоем катализаторов (платина, палладий).

В настоящее время нашли применение трехкомпонентные каталитические нейтрализаторы (Three Way Catalysts – TWC (см. рис. 2.2)), которые объединяют обе функции: окисления (для преобразования HC и CO) и восстановления (для нейтрализации NO_x). В результате химических реакций углеводородов с кислородом образуются углекислый газ и вода. Угарный газ и кислород преобразовываются в углекислый газ, окислы азота и водород - в азот и воду. Особенно высокую эффективность такие реакции имеют при стехиометрическом составе топливо-воздушной смеси (соотношение воздух/топливо, равное 14,7:1). Так как упомянутые реакции происходят с поглощением тепла, то катализатор и датчики кислорода должны быть прогреты до рабочей температуры. В некоторых автомобилях для этого используются специальные нагреватели и датчики температуры, для того чтобы ECM мог поддерживать нейтрализатор в рабочем диапазоне температуры (минимум 350°C). Температура, при которой конверсионная эффективность превышает 50%, называется "catalyst light-off". Для большинства каталитических нейтрализаторов эта температура равна 250-300 °C (475-575°F).

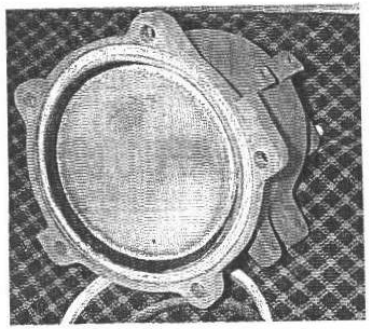


Рис. 2.1. Катализатор стандартного окисления 70-х годов.



Рис. 2.2. Трехкомпонентный каталитический нейтрализатор.



Рис. 2.3. Современные каталитические нейтрализаторы.

Современные каталитические нейтрализаторы (см. рис. 2.3) выполнены в виде керамического каркаса, поверхность которого покрыта тонким слоем катализатора (чаще всего используются платина, палладий и родий). Как и любой катализатор, эти элементы, не участвуя непосредственно в реакции, ускоряют химический процесс преобразования.

Для проверки состояния этого немаловажного устройства используется дополнительный датчик кислорода (Bank1 Sensor2). При исправном нейтрализаторе (например, эффективность преобразования углеводородов более 95%) напряжение на этом датчике относительно "плоское" (см. рис. 2.4) и находится в зоне оптимального содержания кислорода (Screen Shot сканера MT3100 при XX прогретого 1AZ-FSE(D-4) смотрите на рис. 2.5 и Screen Shot сканера CJII при XX после сброса педали акселератора 5S-FE смотрите на рис. 2.6).

При неисправном нейтрализаторе это напряжение напоминает напряжение датчика кислорода, установленного до нейтрализатора (Bank1 Sensor1). Это признак того, что нейтрализатор имеет низкую эффективность преобразования отработавших газов. Такой нейтрализатор неэффективен при преобразовании не только HC, но также и CO и NO_x.

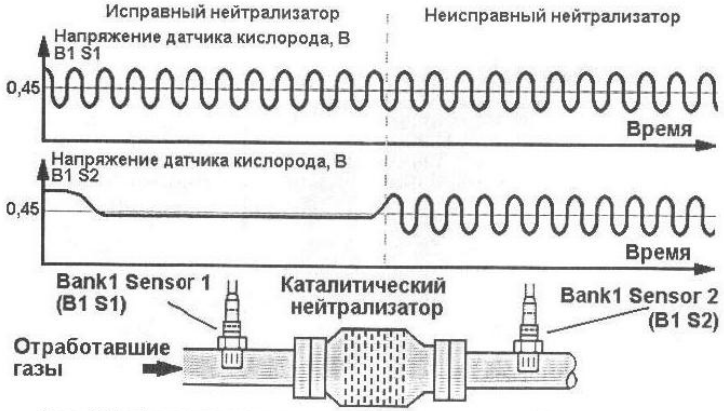


Рис. 2.4. Проверка состояния каталитического нейтрализатора.

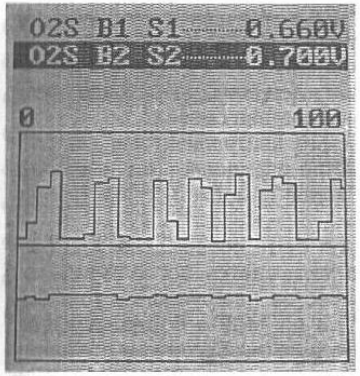


Рис. 2.5 Screen Shot сканера MT3100 при X.X. прогретого двигателя 1AZ-FSE (D-4).

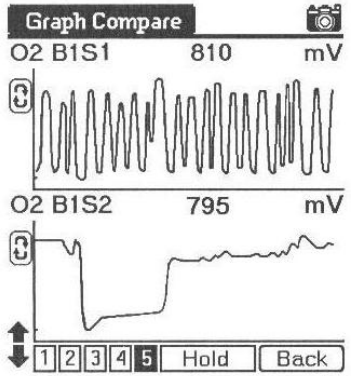


Рис. 2.6 Screen Shot сканера CJII при X.X. после отпускания педали акселератора.

Считаю необходимым обратить внимание, что, пока часть наших соотечественников будет легкомысленно считать, что "вредные выхлопы - не наша проблема", что "нейтрализатор – "вредная" выдумка буржуев" и относиться к вопросам контроля и снижения количества выброса вредных веществ как к бесполезной затее, до тех пор в наших странах будет продолжать расти детская смертность и сокращаться средняя продолжительность жизни...

В некоторых OBD-II автомобилях задний (тыльный) датчик кислорода (B1S2, см. рис. 2.3) используется также и для топливной коррекции (балансировки) состава топливо-воздушной смеси. Поскольку этот датчик анализирует (видит) отработавшие газы, которые уже были преобразованы катализатором и содержание которых изменяется незначительно, то это позволяет ему реагировать на значительно меньшие изменения содержания кислорода. Это возможно потому, что его напряжение находится в диапазоне т.н. точки переключения 0,45 Вольт. Данная характеристика позволяет использовать задний датчик для регулирования расхода топлива. При постоянной частоте вращения и нагрузке на двигатель ECM регулирует "кратковременный" топливный баланс-смещение (SFT) так, чтобы напряжение датчика поддерживалось около точки перехода 0,45 Вольт (подробнее смотрите в следующей главе). Это позволяет обеспечить стехиометрический состав смеси, несмотря на любое изменение напряжения переднего датчика кислорода. Этот алгоритм известен как "Первичное управление с использованием задних кислородных датчиков"[1] ("Fore Aft Oxygen Sensor Control" - FAOSC).

[1] Этот алгоритм не используется в системах выпуска "Y-типа", которые используют два передних и один задний датчик кислорода.

Алгоритм управления FAOSC адаптируется и очень медленно реагирует на изменения состава смеси, потому что в контур управления включен катализатор, который в силу происходящих в нем процессов, конструкции и места расположения характеризуется малым быстродействием ("замедленной" реакцией на изменение состава смеси).

"Удаление" неисправного каталитического нейтрализатора, как способ его "ремонта", ECM достаточно быстро определяет как неисправность, с появлением соответствующих кодов самодиагностики (например: P0171, P0172, P0420, P0430 и т.д.).

Каталитические преобразователи могут быть повреждены или разрушены при перегреве. Зачастую это вызывается воспламенением непосредственно в нем большого количества несгоревшего топлива, что приводит к увеличению температуры до 1400 и более градусов. Причиной этого обычно являются пропуски искрообразования (misfire). В некоторых автомобилях кислородный датчик (со встроенным датчиком температуры) установлен непосредственно на нейтрализаторе (см. рис. 2.7).

Долгое время работы при высокой температуре отработавших газов также может вызвать его повреждение. Причиной этого чаще всего является движение автомобиля при большой нагрузке с достаточно высокими оборотами при обедненной смеси, когда топлива недостаточно для охлаждения потока поступающего в цилиндры воздуха. В зависимости от типа катализатора, ускоренное (резкое) ухудшение эффективности преобразования наступает при температуре более 760-980°C (1400- 1800°F). Достаточно часто причиной ухудшения пропускной способности нейтрализатора является повышенный расход масла на угар (двигатель начинает "кушать" масло не сразу слишком много и до определенного момента владелец с этим мирится, но процесс ухудшения уже начался). Это также может быть причиной перегрева.

Каталитические преобразователи могут потерять эффективность из-за химического отравления. Даже небольшое содержание в топливе свинца (Pb), фосфора (P), серы (S) вызывают необратимые изменения (пассивирование) поверхности каталитических добавок и, как следствие, почти полный выход из строя.

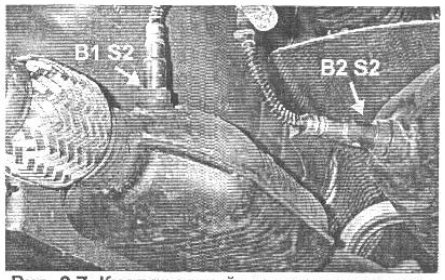


Рис. 2.7. Кислородный датчик установлен непосредственно на нейтрализаторе.

Присадки к моторному маслу на основе цинка (Zn), силиконовые герметики на основе кремния (Si) также уменьшают эффективность катализаторов.

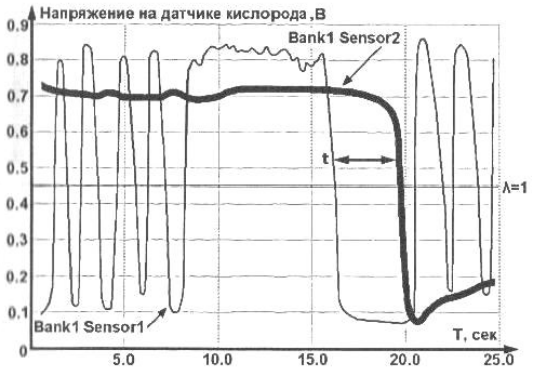


Рис. 2.8. Проверка каталитического нейтрализатора по сигналу заднего кислородного датчика (каталитический нейтрализатор исправен).



Рис. 2.9. Проверка пропускной способности каталитического нейтрализатора.

Пропускная способность нейтрализатора проверяется измерением давления в системе выпуска. На место установки переднего датчика кислорода (B1S1) вкручивается манометр (рис. 2.9). На холостом ходу прогретого двигателя и при исправном нейтрализаторе давление должно быть не выше 0,09 кг/см^2. При частоте вращения коленчатого вала примерно 2000 об/мин показание измерительного прибора не должно превысить 0,21 кг/см^2.

В автомобилях с "задним" кислородным датчиком (B1S2) возможна самостоятельная проверка эффективности преобразования нейтрализатора.

Система выпуска прогревается в течение нескольких минут при повышенной частоте вращения коленчатого вала двигателя (примерно 2000 об/мин). После сброса оборотов и стабилизации X.X. снимается вакуумный шланг[2] со штуцера регулятора давления. Это вызывает повышение давления в топливной системе и некоторое обогащение топливной смеси.

Катализатор считается исправным (см. рис. 2.8), если датчик кислорода после катализатора повторяет напряжение переднего датчика с задержкой (t). Если оба датчика кислорода реагируют быстро на изменение состава смеси, то считается, что каталитическая эффективность нейтрализатора мала (низкий уровень преобразования) (см. рис. 2.10).

[2] После отсоединения вакуумный шланг необходимо обязательно заглушить.

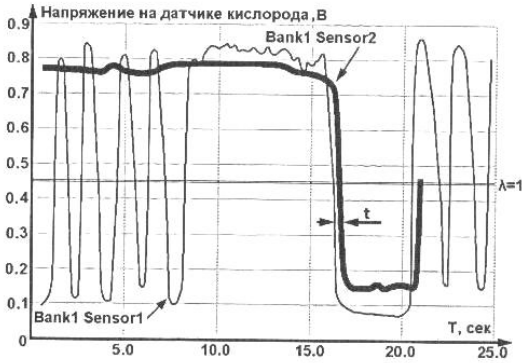


Рис. 2.10. Проверка каталитического нейтрализатора по сигналу заднего кислородного датчика (каталитический нейтрализатор неисправен).

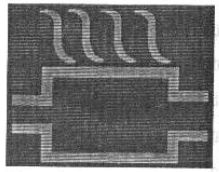


Рис. 2.11. Лампа индикации перегрева каталитического нейтрализатора.

На значительной части автомобилей для контроля температуры отработавших газов используются датчики перегрева каталитического нейтрализатора. При превышении температуры на приборном щитке загорается соответствующая лампа (см. рис. 2.11), которая управляется ECM (контакт "EGW"). Кроме этого, в системах OBDII при перегреве или неисправности датчика устанавливаются соответствующие коды самодиагностики (например, для Toyota P0401, P0402). Датчик может располагаться как непосредственно в нейтрализаторе, так и около клапана рециркуляции отработавших газов (THG, "EGR Gas Temp Sensor"[3]).

В автомобилях Mitsubishi (GDI, M/T) их принято называть "Catalyst Temperature Sensor". Стандартное значение сопротивления составляет 1 МОм и более при 20°С и примерно 77 кОм при температуре датчика более 400°С.

В автомобилях Toyota используются аналогичные датчики (см. рис. 2.12 на 2 странице обложки).

После проверки заведомо исправных датчиков установлено, что при нормальной температуре их сопротивление более 10 МОм. При нагреве (газовой горелкой) примерно до 300°С сопротивление уменьшается до 100-150 кОм. При 400-450°С сопротивление датчика составляет примерно 30 кОм. Из схем подключения следует, что обычно этот датчик подключен к ECM (контакт "CCO"). Таким образом, в Toyota этот датчик можно проверить[4] непосредственным измерением напряжения на контакте "CCO" диагностического разъема.

[3] Сопротивление 2,5 - 500 кОм (2-100 кОм для 1MZ-FE).
[4] При Х.Х. прогретого двигателя напряжение должно быть в диапазоне 9-14 В.

Поскольку для эффективного преобразования отработавших газов необходим кислород, то в последнее время некоторые производители используют систему принудительной подачи атмосферного воздуха в выпускной коллектор. Это позволяет понизить уровень выбросов вредных веществ (HC и CO) и продлить срок службы каталитического нейтрализатора.

Например, Toyota применяет систему Pulsed Secondary Air Injection System (PAIR). Эта система (см. рис. 2.13) не использует воздушный насос, а использует пульсации давления в выпускной системе. Особенно эффективна эта система при прогреве холодного двигателя и при принудительном Х.Х. двигателя.

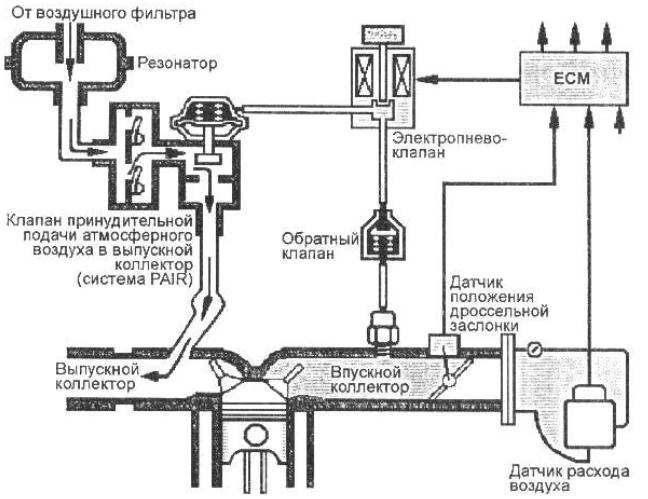


Рис. 2.13. Схема системы принудительной подачи атмосферного воздуха в выпускной коллектор.

На рис. 2.14 представлена зависимость температуры отработавших газов от состава смеси.

Примечание: данные получены при движении автомобиля со скоростью 70 км/час (частота вращения 2200 об/мин).



Рис. 2.14. Зависимость температуры отработавших газов от состава смеси.

3. Расчет базовой длительности впрыска (подачи топлива)

Расчет базовой длительности впрыска

Основное назначение ECM - это точное управление составом смеси (временем открытого состояния форсунок) в соответствии с нагрузкой на двигатель и с учетом его состояния. Расчет количества необходимого топлива происходит в несколько этапов:

- формирование "базового времени впрыска";
- коррекция времени впрыска по условиям эксплуатации;
- коррекция по напряжению бортовой сети.

Вначале ECM определяет параметры "базовое количество" топлива и "значение угла опережения зажигания" на основании данных о частоте вращения коленчатого вала и нагрузке на двигатель. Значение "базовое количество" топлива считывается из соответствующей таблицы, запрограммированной заводом-изготовителем, и корректируется с использованием поправочного коэффициента, называемого "топливным балансом" (fuel trim). После этого производится коррекция состава топливо-воздушной смеси, которая учитывает текущие параметры системы (т.е. состояние двигателя "в настоящий момент"):

- температура охлаждающей жидкости;
- температура воздуха во впускном коллекторе;
- положение дроссельной заслонки;
- состав отработавших газов;
- давление в топливной системе;
- содержание кислорода в воздухе (высота над уровнем моря).

Эти параметры определяются следующим образом (в порядке значимости):

- нагрузка на двигатель (Calc Load) определяется по количеству воздуха, поступающего в цилиндры:
  - датчиком расхода воздуха (возможно использование различных типов: Vane Air Flow meter, Karman[1] Vortex Air Flow meter, Mass Air Flow meter[2]),
  - датчиком разрежения (абсолютного давления) во впускном коллекторе (Manifold Absolute Pressure sensor).
- частота вращения двигателя определяется датчиком положения коленчатого вала;
- скорость автомобиля - датчиком скорости;

---

[1] Использует подвижное зеркало и фото транзистор. Аналог Vane Air Flow Meter. Частота выходного напряжения пропорциональна потоку воздуха.

[2] Выходное напряжение пропорционально величине тока, необходимого для поддержания постоянной температуры датчика, который находится в потоке воздуха (Hot Wire Type).

- температура двигателя определяется датчиком температуры охлаждающей жидкости
- положение дроссельной заслонки[3] определяется
  - датчиком положения дроссельной заслонки
  - датчиком холостого хода
- температура воздуха (THA) определяется датчиком температуры воздуха на впуске
- состав отработавших газов (O_2) может определяться с помощью следующих датчиков:
  - кислородные датчики (Oxygen Sensor)
  - датчики обедненной смеси (Sensor Lean Mixture)
  - датчики состава топливо-воздушной смеси (air/fuel ratio sensor)
  - датчик содержания NO_x
- высота над уровнем моря - датчиком давления
- давление в топливной системе – соответствующим датчиком



Рис. 3.1. Алгоритм расчета времени впрыска.

[3] 8-20 % при отпущенной педали акселератора, 64-96 % при полностью открытой дроссельной заслонке.

Топливный баланс и обратная связь по составу отработавших газов

Величина коррекции количества топлива, подаваемого в цилиндры, по напряжению датчика содержания кислорода зависит от различных факторов. Если степень необходимого вмешательства невелика, например, менее 10%, то ECM справляется с этим сравнительно легко. При необходимости изменения базового значения более чем на 20 %, т.е. для осуществления более существенного изменения, ECM проводит процедуру "переобучения" (адаптации). Уменьшая или увеличивая базовое время впрыска топлива в пределах допустимого, ECM проверяет реакцию системы и устанавливает (записывает в память) новое значение этого параметра. При этом для точного поддержания стехиометрического состава топливо-воздушной смеси (14,7:1) по-прежнему используется напряжение датчиков содержания кислорода. В зависимости от различных факторов (в том числе: от высоты над уровнем моря, износа поршневой группы и форсунок, допусков на качество топлива и на изменения в состоянии двигателя) коррекция, определяемая обратной связью по составу отработавших газов, изменяется. ECM в режиме замкнутой обратной связи запрограммирован на изменение состава смеси посредством небольших изменений (приращений). Поэтому, если необходима относительно небольшая коррекция (до 3 %), то ECM сравнительно просто изменяет состав смеси.

Пределы возможного изменения состава смеси составляют ± 20 % от его базового значения.

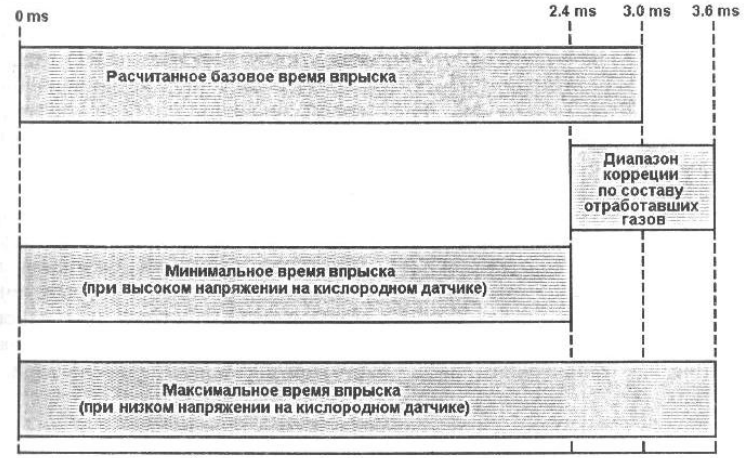


Рис. 3.2. Коррекция базового времени впрыска по содержанию кислорода.

При необходимости значительных изменений и для избежания возможных неточностей или уменьшения времени отклика, в память записывается информация о результатах коррекции смеси в предыдущих поездках. Эта информация используется в качестве начальной при следующих поездках, что позволяет повысить точность поддержания оптимального состава топливной смеси с учетом реального состояния двигателя. Таким образом реализуется "процедура переобучения ECM", известная под названием "Computer Relearn Procedures" (см. приложение[4]). Например, в памяти ECM записана "заводская установка" необходимости поддержания времени впрыска топлива при Х.Х. прогретого двигателя, равного 3,0 мсек. Если после осуществления коррекции по напряжению кислородного датчика окажется, что необходимо открывать форсунки при прогретом двигателе импульсами напряжения длительностью 3,3 мсек, то при следующих поездках ECM "начнет" регулировку с этого значения.

Влияние топливного баланса на продолжительность впрыска топлива

Топливный баланс (**Fuel Trim,** (см. рис. 3.3)) - параметр, который показывает (в процентах) насколько необходимо изменить длительность впрыскивания топлива для поддержания оптимального состава смеси (14.7:1)[5]. При использовании нескольких датчиков кислорода, система впрыска различает этот параметр для каждого из них. Кроме этого, используются два различных по сути значения этого параметра.

```
LONG FT #1·····-12.4%
SHORT FT #2····-0.7%
LONG FT #2·····-14.8%
O2S B1 S1·····0.800V
O2FT B1 S1·····-3.8%
O2S B1 S2·····0.780V
O2FT B1 S2····UNUSED
O2S B2 S1·····0.055V
O2FT B2 S1·····-0.7%
O2S B2 S2·····0.625V
```

Рис. 3.3. Топливный баланс.

Долговременный топливный баланс (**Long fuel trim - LFT**) характеризует величину изменения базового значения состава топливо-воздушной смеси, которое произведено для её оптимизации. Этот параметр – результат адаптации системы управления к нынешнему состоянию двигателя. Например, некоторое снижение давления в топливной системе, негерметичность системы впуска или износ двигателя влекут за собой коррекцию в сторону обогащения смеси.

[4] На взгляд автора, термин "адаптация" более точно отражает суть этого процесса.

[5] Под оптимальным составом смеси понимается состав, при котором λ=1.

Положительное значение соответствует увеличению подачи топлива. Отрицательное – коррекции в сторону обеднения. Диапазон изменений этого параметра составляет ± 20%. Этот параметр входит в состав "потока данных" (data stream) при сканировании систем впрыска (pre-OBD[6] и OBD-II).

Долговременный топливный баланс (**LFT**), в отличие от кратковременного (**Short fuel trim - SFT**), - это коррекция, которая остается в памяти ECM и после выключения зажигания, и это есть характеристика изменения базового времени впрыска топлива.

Кратковременный топливный баланс (**SFT**) - дополнительная и временная коррекция базового состава смеси, которая учитывает переключения напряжения кислородного датчика, т.е. "уточняет" состав смеси в настоящий момент. Нормальный диапазон этого параметра составляет ± 20%. При исправной системе он редко больше чем ± 10%. После прогрева двигателя этот параметр постоянно изменяется, так как учитывает переключения напряжения кислородного датчика.

Если базовая продолжительность впрыска топлива приводит к бедной смеси, то баланс **SFT** откликается положительной коррекцией (от +1 до +20 %), с тем чтобы увеличить подачу топлива, т.е. обогатить смесь. Если базовая длительность впрыска слишком велика, то **SFT** реагирует на это отрицательной коррекцией состава смеси (от -1 до -20 %) для уменьшения количества топлива (обеднения смеси). Когда этот параметр находится в диапазоне ± 0%, то это является признаком нейтрального состояния, при котором состав топливо-воздушной смеси близок к стехиометрическому (см. рис. 3.3). Если изменения **SFT** существенно отличаются от ± 10%, то коррекция LFT изменяет базовую длительность впрыска топлива. В результате этого диапазон изменения **SFT** вновь становится равным ± 10%.

В отличие от значения SFT, которое определяет продолжительность впрыска топлива только в режиме замкнутой обратной связи, LFT корректирует поправочный коэффициент базовой продолжительности впрыска топлива и при разомкнутой обратной связи.

В некоторых системах значения LFT сохраняются в энергонезависимой памяти (NVRAM - nonvolatile RAM) и не "обнуляются" при отключении аккумулятора. В этом случае ECM "помнит" текущее значение коррекции и при следующих поездках использует сохраненные данные. Но при этом процесс "переобучения" продолжается.



Рис. 3.4. На автомобилях с системой pre-OBD II.

[6] Система самодиагностики на автомобилях выпуска до 1996 г.

При проведении диагностики с помощью сканеров, т.е. при считывании "потока данных" (Data Stream) в автомобилях с pre-OBD II, LFT отображаются как Target A/F (см. рис. 3.4). При диагностике обычными инструментальными средствами LFT ("под именем" Learned Voltage Feedback - LVF) проверяется при измерении напряжения на контакте **VF1** диагностического разъема (Toyota, начиная с 1985 г.).

Для лучшего понимания рассмотрим пример адаптации системы к возможному изменению состояния двигателя (см. рис. 3.5).

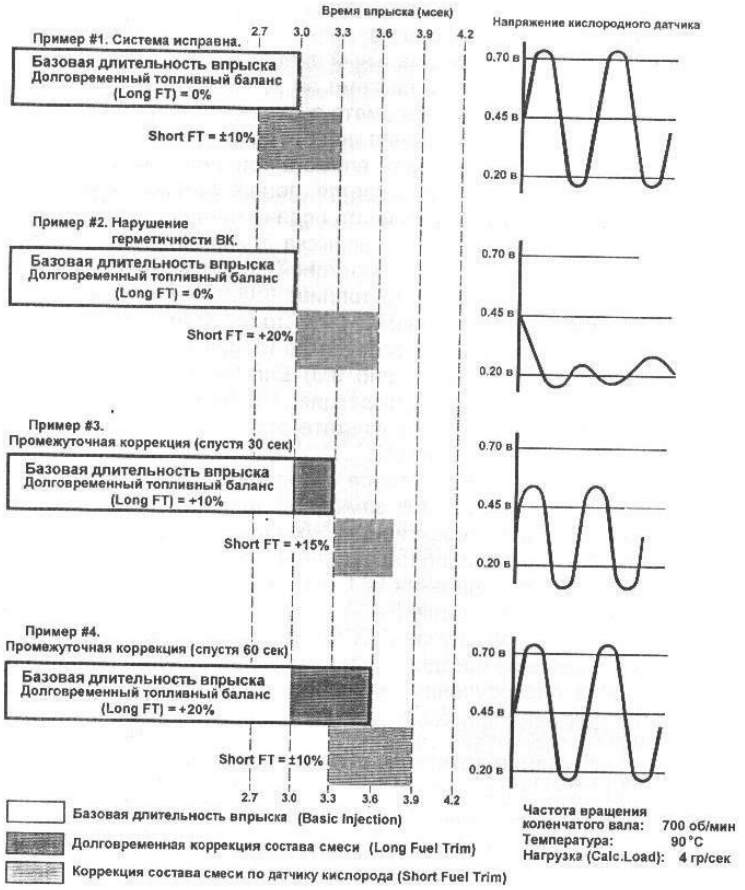


Рис. 3.5. Адаптации системы к возможному изменению состояния двигателя.

Пример #1. Представлены параметры исправной топливной системы. Базовая длительность при указанной нагрузке и частоте вращения коленчатого вала составляет 3,0 мсек. SFT изменяется в диапазоне ± 10%, выходное напряжение датчика кислорода переключается нормально.

Пример #2. Представлены параметры при "возникновении" негерметичности впускного коллектора ("подсос" воздуха). Так как нагрузка на двигатель не изменилась, то базовая длительность по-прежнему составляет 3,0 мсек.

- Дополнительный воздух обедняет смесь, поэтому уменьшается выходное напряжение кислородного датчика.
- SFT безуспешно пытается исправить это положение, но достигает предела +20%.
- ECM "узнает", что необходимо осуществить коррекцию в сторону увеличения базовой продолжительности впрыска топлива (LFT) для того, чтобы выходное напряжение датчика кислорода находилось в допустимом рабочем диапазоне.

Пример #3. Показан результат того, что ECM изменил LFT на +10 %. Хотя нагрузка и частота не изменились, базовое время впрыска топлива теперь составляет 3,3 мсек.

- В этом состоянии система впрыска поставляет достаточно топлива, чтобы восстановить почти нормальное переключение напряжения датчика кислорода. Переключения происходят, но диапазон напряжения кислородного датчика смещен в зону обедненного состава смеси. Для устранения этого состояния требуется все еще чрезмерная коррекция (SFT = +15 %).
- ECM проводит долговременную коррекцию базовой длительности впрыска (LFT) для того, чтобы параметр SFT снова был в диапазоне ±10%.

Пример #4. Описывает результат дальнейшего изменения LFT. Нагрузка и частота вращения коленчатого вала остались без изменения (как и в примере #1), но базовая продолжительность впрыска топлива увеличилась на 20 % и теперь стала равной 3,6 мсек.

- Базовая длительность впрыска снова в пределах ± 10% от заданного времени впрыска.
- Нормальные переключения датчика кислорода сопровождаются изменениями SFT ± 10% от базовой продолжительности впрыска топлива.

Таким образом, в результате адаптации системы впрыска к реальному состоянию двигателя, состав смеси становится оптимальным.

В том случае, когда ECM не в состоянии обеспечить необходимый состав топливо-воздушной смеси, в его память записываются коды неисправности:

P0170 Fuel Trim Malfunction (Bank 1)
P0171 System too Lean (Bank 1)
P0172 System too Rich (Bank 1)
P0173 Fuel Trim Malfunction (Bank 2)
P0174 System too Lean (Bank 2)
P0175 System too Rich (Bank 2)

Дополнение. Достаточно интересно влияние некоторых "непрямых" воздействий на базовую длительность впрыска. Например, отмечено уменьшение значения этого параметра после очистки форсунок. Не менее интересна реакция системы впрыска на регулировку опережения зажигания. После правильной установки начального угла опережения зажигания отмечается уменьшение времени впрыска при Х.Х. прогретого двигателя.

Напряжение обратной связи Learned Voltage Feedback **и целевой состав смеси** Target Air Fuel Ratio Toyota.

Хотя параметры LFT, Target A/F и LVF (Learned Voltage Feedback) - по существу одна и та же характеристика, но есть некоторые различия в способах их отображения (в зависимости от способа их визуализации). LFT обычно отражается на экране диагностического средства (сканер, мотор-тестер и т.п.) в процентном соотношении (в цифровом и графическом виде). LVF и Target A/F отображаются как напряжение в диапазоне от 0 до 5 Вольт на соответствующем контакте диагностического разъема (Vf).

Если LVF (см. рис. 3.6) равен 2,50 Вольт, то базовое значение находится в пределах ± 10 % от заданной продолжительности впрыска топлива (состав смеси примерно 14,7:1). Если необходимо отклонение базовой длительности впрыска топлива более чем на ±10 % от заданной в настоящий момент, то напряжение LVF изменится для компенсации чрезмерного обеднения или обогащения смеси на большую величину.

Меньшее напряжение указывает на то, что для компенсации обогащенного состава смеси продолжительность впрыска топлива должна быть уменьшена.

Если напряжение на контакте Vf1 больше чем 2,50 Вольта, то это признак того, что для устранения обеднения смеси время впрыска должно быть увеличено.

Использование проверки Fuel Trim при диагностике

При поиске неисправности системы впрыска топлива, в первую очередь, стоит проверить обратную связь по кислородному датчику. Необходимо определить, работает ли автомобиль в режиме замкнутой обратной связи и корректно ли работает система поддержания оптимального состава топливной смеси.



Рис. 3.6. Коррекция состава топливо-воздушной смеси.

Теория и практика проверки Vf-напряжения

В автомобилях Toyota для анализа состояния датчика кислорода, проверки режима, в котором находится система впрыска, и возможных причин неисправности можно использовать напряжения на контакте "Vf[7]" диагностического разъема (см. рис. 3.7 и 3.8). Напряжение на этом контакте есть результат непосредственной реакции ECM на состояние датчика содержания кислорода и содержит информацию о возможности осуществления обратной связи по его напряжению.

Следует помнить, что это напряжение не есть выходное напряжение кислородного датчика.

Информация, которую содержит напряжение на контакте Vf, зависит от режима, в котором находится система впрыска:

- Режим проверки обратной связи по выходному напряжению датчика кислорода
- Диагностический режим
- Режим коррекции топливного баланса

1. Режим проверки обратной связи по напряжению датчика кислорода

Перед проведением проверки необходимо прогреть двигатель до 80°С. Подключите стрелочный вольтметр к контакту **"Vf"** (вход "+" вольтметра) и к контакту "E1" (вход "-" вольтметра). Соедините клеммы **Te1** и **E1**. Методика проведения и интерпретации результатов зависит от типа применяемого датчика.

[7] В современных системах используются обозначения Vf1 и Vf2, т.к. возможно использование нескольких датчиков кислорода.

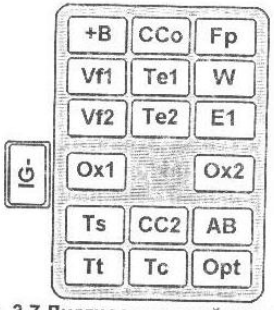


Рис. 3.7 Диагностический разъем Toyota.

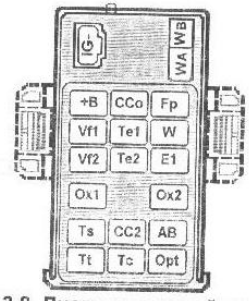


Рис. 3.8. Диагностический разъем Toyota.

Для двигателей Lean Burn[8] с датчиком обедненной смеси (Sensor Lean Mixture, Toyota Part No.89463-...)

После запуска двигателя прогрейте датчик до рабочей температуры (примерно 10 минут на холостом ходу). Для того чтобы начать коррекцию по сигналу обратной связи, следует довести частоту вращения коленчатого вала до 3500 об/мин, а затем повторить это же через 20 секунд. После этого, поддерживая частоту вращения коленчатого вала 1500 об/мин, проверьте напряжение на контакте "Vf". Если напряжение составляет примерно 0 Вольт, то происходит коррекция состава топливо-воздушной смеси с обратной связью по выходному напряжению датчика (Closed mode). Если напряжение 2,5 или 5 Вольт, то обратная связь по напряжению датчика разорвана, то есть не происходит коррекции состава топливо-воздушной смеси. В этом случае необходима дополнительная проверка системы впрыска и в частности этого датчика.

Для моделей с кислородным датчиком (Oxygen Sensor, Toyota Part No.89465-...).

В этом режиме ECM проверяет выходное напряжение (см. рис. 3.9) при периодическом изменении состава топливо-воздушной смеси. При получении информации от него о том, что смесь богатая, ECM обедняет смесь и, наоборот, при бедной смеси, увеличивает время впрыска топлива. Поэтому в данном режиме уровень, фаза и частота переключений напряжения на контакте "Vf" зависят от амплитуды выходного напряжения и быстродействия (постоянной времени) самого кислородного датчика. Напряжение на этом контакте изменяется в диапазоне 0 - 5 Вольт в соответствии с изменением выходного напряжения датчика.

[8] Часть двигателей 4A-FE и 7A-FE

После прогрева датчика кислорода до рабочей температуры в течение примерно 2 минут при 2000 об/мин следует, поддерживая частоту вращения коленчатого вала 2500 об/мин, сосчитать количество отклонений стрелки вольтметра в течение 10 секунд. Если получено восемь и более отклонений, то принято считать, что датчик исправен.

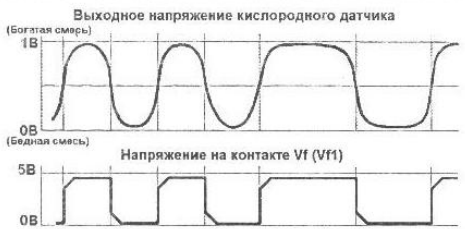


Рис. 3.9. Выходное напряжение кислородного датчика и напряжение на контакте Vf (Vf1).

Если напряжение на контакте Vf выходит за рамки указанного диапазона или количество переключений меньше восьми, то в системе есть неисправность. Но не следует спешить с заменой кислородного датчика, так как причиной этого может быть не только неисправность датчика.

На рис. 3.10 представлены графики изменения времени впрыска (t3), выходного напряжения исправного кислородного датчика (k4) двигателя 3S-GE и напряжения на контакте Vf1 диагностического разъема Toyota при 2500 об/мин и замкнутых контактах E1 и Te1.

Примечание: если контакты Te1 и E1 не соединены, то выходное напряжение на контакте Vf будет равно 0 - 5 В. Значение этого напряжения на клемме Vf зависит от модели двигателя и состояния системы впрыска.

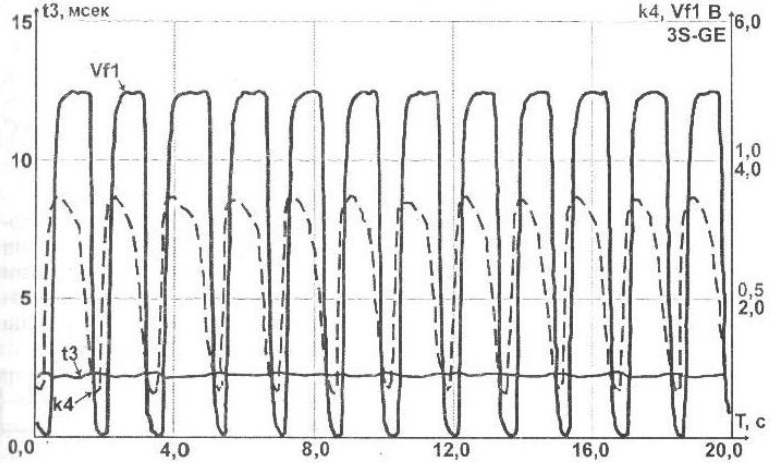


Рис. 3.10. Пример Vf диагностики на двигателе 3S-GE.

Диагностический режим

При измерении напряжения на контакте Vf при закрытой дроссельной заслонке (замкнутом контакте IDL датчика положения дроссельной заслонки), замкнутых контактах **Te1** и **E1**, работающем двигателе и отсутствии в памяти ECM кодов самодиагностики (система исправна) напряжение будет равно 5 В. Если коды сохранены, то 0 В.

Измерение и анализ напряжения Vf достаточно информативно, только в случае, когда система впрыска находится в "замкнутом цикле" управления. При прогреве, ускорении, принудительном Х.Х. это напряжение равно нулю.

Режим коррекции топливного баланса LEARNED VALUE MODE.

Существует коэффициент коррекции состава топливо-воздушной смеси, который приводит в соответствие стандартную длительность впрыска (времени подачи топлива) состоянию двигателя в настоящее время. Необходимость коррекции состава топливо-воздушной смеси может быть вызвана незначительными различиями между двигателями, которые имеют место при допустимых производственных отклонениях, износе по мере эксплуатации, а также отклонениях при формировании и сгорании смеси. Этот коэффициент позволяет изменять расчетное время впрыска топлива в зависимости от напряжения кислородного датчика. Для того чтобы не допускать ситуации, когда коррекция по кислородному датчику становится чрезмерной, её величина ограничена 20% от базовой.

Если Вы обнаруживаете симптомы неисправности, которые приводят к появлению кодов самодиагностики, то анализ обратной связи по напряжению сигнала Vf может быть особенно полезен при считывании кодов самодиагностики 21, 25, 26 (Toyota) и др.

Проверка параметров топливного баланса может ускорить нахождение причин возникновения проблем с системой впрыска и ускорить их устранение. Самый простой способ проверки топливного баланса системы впрыска состоит в использовании (анализе) "потоков данных" (OBD data streams).

Диагностика по напряжению на контакте Vf (E1 и TE1 не замкнуты)

При разомкнутых контактах E1 и Te1 напряжение на контакте Vf содержит информацию о том, насколько необходимо изменить состав топливо-воздушной смеси относительно базового при нынешнем состоянии двигателя. В системах впрыска топлива D-типа (используется датчик разрежения во впускном коллекторе, а не датчик расхода воздуха) возможны только 3 значения (варианта) напряжения:

Vf напряжение	Состав смеси	Топливный баланс (Fuel Trim)
~ 0 В	Богатая	Обеднение "-(11-20) %"
~ 2,5 В	Норма	± 10 %
~ 5 В	Бедная	Обогащение "+(11-20)%"

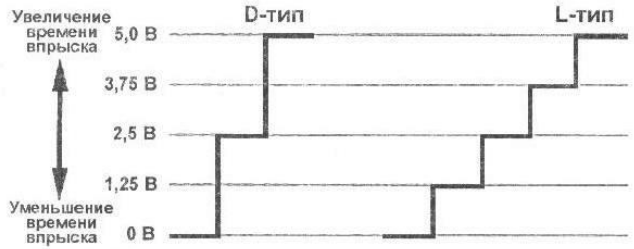


Рис. 3.11. Коррекция состава топливо-воздушной смеси по напряжению на контакте Vf.

При напряжении 2,5 В необходима коррекция состава топливо-воздушной смеси в пределах до 10 %. При напряжении 0 или 5 В коррекция аналогична той, что используется в системах L-типа.

В системах L-типа (используется датчик расхода воздуха - MAF) - большее число градаций:

Vf напряжение	Состав смеси	Топливный баланс
~ 0 В	Богатая	Обеднение "-(11-20) %"
~ 1,25 В	Обогащенная	Обеднение "-(4-10) %"
~ 2,5 В	Норма	± (0-3) %
~ 3,75 В	Обедненная	Обогащение "+(4-10) %"
~ 5 В	Бедная	Обогащение "+(11-20)%"

Если необходима коррекция в сторону обеднения, то на контакте Vf будет напряжение 1,25 или 0 В. Если необходима коррекция в сторону обогащения смеси, то 3,75 или 5 В.

Таким образом, напряжение на контакте Vf содержит информацию (см. таблицы) о том, насколько состав смеси в настоящий момент отличается от базового значения и устанавливает (записывает в память) новое базовое значение. После проведения коррекции и при значении величины состава смеси в допустимом диапазоне, на этом контакте снова устанавливается напряжение 2,5 В (см. рис. 3.11). Принято считать, что при нуле, как и при пяти вольтах, в системе впрыска топлива есть проблемы. При 1,25 и при 3,75 их нет, а при 2,5 состав топливо-воздушной смеси оптимален для нынешнего состояния двигателя (необходима коррекция в пределах ± 3%). Если у Вашего автомобиля возникли проблемы, но в памяти ECM не записаны коды самодиагностики, то анализ Vf напряжения может помочь при диагностике возможных причин неисправности.

Например, при обеднении топливной смеси ECM увеличит время открытого состояния форсунок (с 3 до 10 % от базового) так, чтобы смесь обогатилась. При этом напряжение на Vf будет 3,75 В. Если необходима большая коррекция, то Vf напряжение увеличится до 5 В.

Если топливо-воздушная смесь обогащена, например, из-за повышенного давления в топливной системе, то ECM уменьшает время открытого состояния форсунок. Если степень уменьшения составит до 10 % от базового значения, то на контакте Vf будет напряжение 1,25 В. Если необходимо изменение более чем на 10 %, то 0 В.

Анализ напряжения на контакте Vf позволяет путем несложных проверок оценить состояние, в котором находится система управления подачей топлива. Кроме того, принудительно обогащая или обедняя топливную смесь, можно проверить правильность её функционирования.

При отключении аккумулятора или отсоединении предохранителя EFI происходит очистка памяти ECM и стирание данных о реальном состоянии системы. После этого некоторое время ECM проводит процедуру переобучения, то есть адаптирует систему управления к нынешнему (текущему) состоянию двигателя. Время переобучения зависит от типа, года выпуска, комплектации автомобиля и условий эксплуатации. Для систем D-типа это время составляет примерно 20 минут. Системы L-типа (с датчиками расхода воздуха) переобучаются быстрее. Для адаптации некоторых систем необходимо определенное количество запусков двигателя.

Во время переобучения допуск на Vf напряжение составляет ± 0,25 В, но обязательно будет иметь указанное количество градаций (ступеней). Параметры топливного баланса (FT и LVF) являются результатами "обучения" только в режиме замкнутой обратной связи. Поэтому двигатель должен работать в этом режиме при проведении проверок характеристики топливного баланса.

Если ECM не в состоянии обеспечить должную коррекцию состава топливо-воздушной смеси, то в память кодов самодиагностики записываются соответствующие коды P0171, P0172 (25, 26).

В таблице 1 приведены типичные значения параметров исправной системы впрыска топлива (Engine Conditions-Serial Data for "Normal Condition") .

Таблица 1

Параметр		Нормальное состояние
Fuel System	OPEN: отключена обратная связь по напряжению датчика кислорода. Closed: ОС замкнута.	Closed при Х.Х. прогретого двигателя
Calc Load	Отношение воздушного потока в настоящий момент к максимально возможному потоку.	15 - 22 % при Х.Х., 16 - 24 % при 2500 об/мин
CoolantTemp	Температура охлаждающей жидкости двигателя	После прогрева: 80-95°C

Таблица 1 (продолжение)

Параметр		Нормальное состояние
Short Fuel Trim#	Кратковременный топливный баланс	0 ± 20 %
Long Fuel Trim#	Долговременный топливный баланс	0 ± 20 %
Engine speed	Частота вращения коленчатого вала	При Х.Х.: 650 – 750 об/мин
Vehicle Speed	Скорость автомобиля	0 км/час
Ign Advance	Угол опережения зажигания	0 – 15 º BTDC (до ВМТ)
Intake Air (Temp)	Температура воздуха во впускном коллекторе	Соответственно условиям эксплуатации
MAF (MAP)	Количество воздуха, поступающего во впускной коллектор	3,5 – 5,0 грамм/сек при Х.Х., 12 - 18 грамм/сек при 2500 об/мин
Throttle Pos	Положение дроссельной заслонки (в % от максимального значения)	Закрыта: 8 – 20 %, открыта: 64 – 96 %
O2S B# S1	Выходное напряжение кислородного датчика (до катализатора)	При Х.Х.: 0 – 1,0 В (импульсы)
O2S B# S2	Выходное напряжение кислородного датчика (после катализатора)	При скорости 50 км/час: 0 – 1 В (импульсы)

Имитатор кислородного датчика и проверка напряжения Vf

На рис. 3.12 представлен один из вариантов принципиальной электрической схемы имитатора выходного напряжения кислородного датчика.

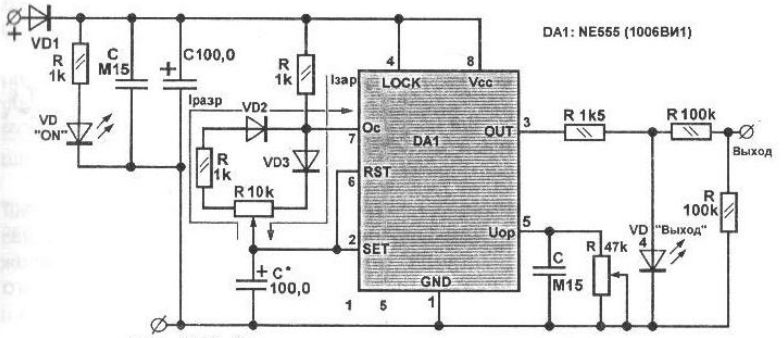


Рис. 3.12. Схема имитатора кислородного датчика.

Отличительной особенностью данного варианта является возможность изменения скважности генерируемых импульсов напряжения без изменения частоты повторения. Это достигается за счет разделения с помощью диодов (VD1, VD2) цепей заряда и разряда времязадающего конденсатора C* (см. рис. 3.12). Предусмотрена возможность регулировки частоты выходного напряжения, но значительное её изменение достигается изменением номинала времязадающего конденсатора. Светодиод (VD4) предназначен для ограничения амплитуды выходного напряжения и визуального контроля выходного напряжения. Схема реализована на м/с 1006ВИ1 (полный аналог NE555). Таким образом, имитатор генерирует импульсы напряжения, у которых частота, длительность, амплитуда соответствует диапазону изменения выходного напряжения исправного кислородного датчика.

При проверке системы впрыска измерялись следующие параметры:

- время открытого состояния форсунки (t3, вся шкала 10 мсек),
- выходное напряжение датчика кислорода (k4, вся шкала 1,0 В),
- напряжение (k5) на контакте Vf1.

График значений каждого параметра отображен линиями соответствующего цвета.

На рис. 3.13 представлены графики изменения во времени выходного напряжения кислородного датчика (k4) и времени впрыска при X.X. (t3) прогретого двигателя Toyota 3S-GE.

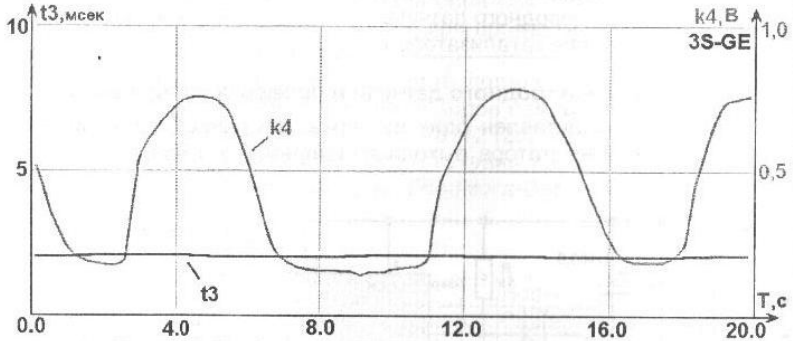


Рис. 3.13. Графики изменения выходного напряжения кислородного датчика и времени впрыска

Время впрыска составляет 2,1 мсек, выходное напряжение датчика характеризуется большим диапазоном выходного напряжения и достаточно высоким быстродействием (небольшим временем переключения). Типичное состояние для исправного циркониевого кислородного датчика.

На рис. 3.14 представлены графики этого же двигателя, но после подключения O_2-имитатора.

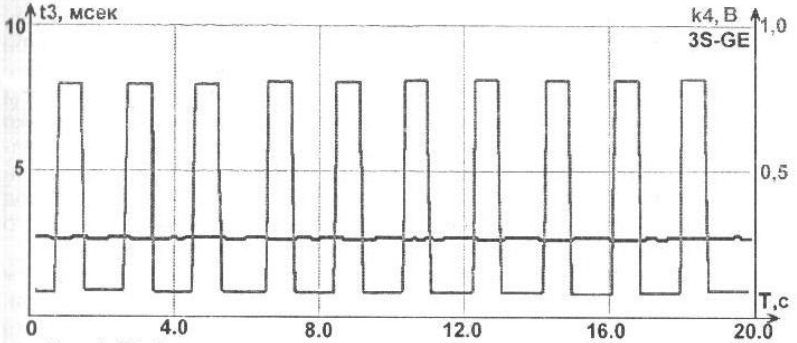


Рис. 3.14. Время открытого состояния форсунок и осциллограмма имитатора кислородного датчика.

На соответствующий вход ECM поступают импульсы напряжения (k4) имитатора, но совершенно не синхронно с изменениями состава топливо-воздушной смеси. ECM не получает адекватной реакции на его попытки регулирования составом топливо-воздушной смеси. В результате этого время впрыска (t3) при X.X. резко возросло до 2,7 мсек.

При подключении вместо кислородного датчика постоянного напряжения, например, от параметрического стабилизатора на полупроводниковом диоде, изменения напряжения вообще не происходит! В этом случае на соответствующем входе ECM напряжение вообще не изменяется, хотя реальный состав топливо-воздушной смеси не остается постоянным и зависит от режима работы двигателя. Особенно это заметно при режиме принудительного X.X., при котором отсутствует подача топлива, т.е. в ситуации, при которой педаль газа отпущена, но обороты двигателя ещё достаточно большие.

Как следствие, в обоих случаях ECM переходит из режима управления "с обратной связью" в режим, при котором показания датчика не учитываются при формировании состава смеси. Описанная реакция ECM на имитатор характерна практически для систем впрыска большинства производителей автомобилей.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что ECM при замене "штатного" датчика O_2-имитатором игнорирует его напряжение, несмотря на то, что на его вход подаются импульсы, аналогичные напряжению реального датчика.

Потенциал применения имитатора напряжения кислородного датчика в карбюраторных системах еще полностью не раскрыт.

Согласно наблюдениям Сергея Крайнова: "...В карбюраторных двигателях 5A-F, 4A, 2E и 3E используется клапан EACV, который регулирует состав смеси при повышенной частоте вращения коленчатого вала и который пропускает дополнительный воздух во впускной коллектор. Управляет им ECM, подавая на него импульсы напряжения переменной скважности. Их работоспособность проверяется при 3000-3500 об/мин. Если разрежение на входе постоянно, то система исправна, и в таком случае содержание CO примерно 1%. Часто вакуум появляется только на 2-3 секунды, а затем исчезает - клапан закрывается (хотя он исправен, но ECM не подает управляющий сигнал). Как следствие, значительно увеличивается содержание CO (до 5-6%), увеличивается расход топлива, выхлопная труба чернеет. Одной из возможных причин такого состояния является крайне низкая кондиция кислородного датчика...".

Для устранения этой причины (при отсутствии возможности замены на исправный датчик) возможно использование описанного имитатора. При этом необходимо подобрать скважность импульсов его выходного напряжения, что позволяет отрегулировать состав смеси с учетом состояния топливной системы конкретного автомобиля.

Карбюраторные системы двигателей Nissan GA14DS, GA16DS используют аналогичный по назначению э/м клапан управления топливо-воздушной смесью. Поэтому и на этих двигателях возможно использования данного устройства при выходе из строя "родного" кислородного датчика.

На рис. 3.15 представлены некоторые параметры (snapshot сканера EASE) системы впрыска автомобиля Toyota Tacoma (RZN196L) выпуска 2001 года с двигателем 3RZ-FE (2,7 л) при X.X. прогретого двигателя в течение 300 секунд. Этот двигатель использует MAF-датчик и оборудован **датчиком состава топливо-воздушной смеси (Toyota Part No. 89467-35050).**

Первые 60 секунд система находится в стабильном состоянии:

- кратковременный топливный баланс (Short Term Fuel Trim) = -5...-7%,
- долговременный топливный баланс (Long Term Fuel Trim) = 5%,
- время впрыска (Injection Pulse) = 2,5...2,4 мсек.

Примерно на 60 секунде было понижено давление в топливной системе. ECM определил обеднение смеси и откликнулся на это максимальным увеличением кратковременной коррекции состава топливной смеси (Short Fuel Trim) до 20%. Но это изменение времени впрыска оказалось слишком большим и поэтому была подключена "артиллерия главного калибра" и был изменен (в сторону увеличения) долговременный топливный баланс (Long Fuel Trim). Время впрыска увеличилось до 3,2 мсек. Практически сразу загорелась лампа "Check Engine" и, как Вы могли догадаться, считан код P0171 (Fuel Trim too Lean).

После восстановления нормальной подачи топлива система некоторое время приходит в себя и после этого восстанавливает нормальные параметры.

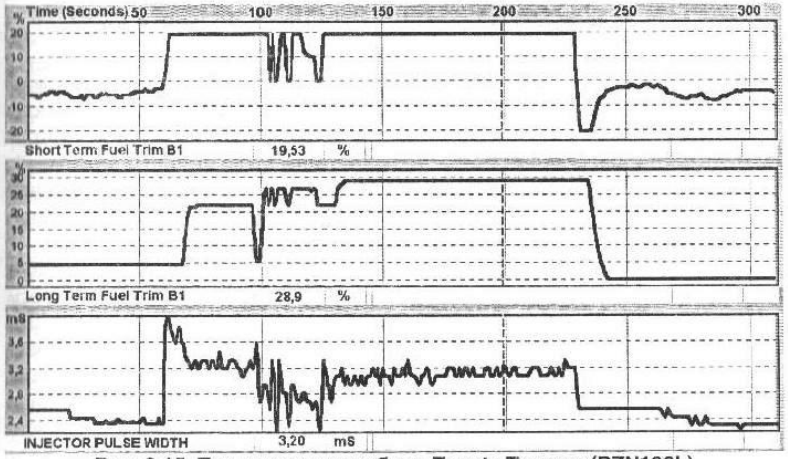


Рис. 3.15. Проверка автомобиля Toyota Tacoma (RZN196L) выпуска 2001 года с двигателем 3RZ-FE (2,7 л).

4. Датчики обедненной смеси Honda

Описание и принцип работы

Как ранее отмечалось, обычные датчики кислорода имеют ограничения по применению, так как они могут использоваться только для поддержания состава топливо-воздушной смеси в диапазоне стехиометрического состава смеси (14,7:1). С развитием конструкций двигателей, повышением их мощности и ужесточением требований к содержанию вредных веществ в отработавших газах возникла необходимость более точного определения состава топливо-воздушной смеси.

Для анализа состава смеси в диапазоне от 12:1 до 23:1 HONDA использует датчик кислорода, называемый датчиком обедненной смеси (LAF-sensor). ECM использует сигналы этого датчика наряду с данными о частоте вращения коленчатого вала, положением коленчатого и распределительного валов, положением дроссельной заслонки, нагрузкой, температурой для поддержания устойчивости работы двигателя при обедненной топливо-воздушной смеси при 2500-3200 об/мин (в зависимости от положения дроссельной заслонки и нагрузки).

Такие датчики уже используются в Civic VX 1992-95 гг., Civic HX 1996-98 гг. и двигателях VTEC-E. LAF датчик внешне очень похож на традиционный датчик, за исключением того, что он подключен пятью проводами (см. рис. 4.1а и 4.1б (на 3 странице обложки)). Такие датчики выпускают известные фирмы Bosch, NGK, HJS.

LAF-датчик Honda несколько сложнее, чем обычный кислородный датчик. Даже притом, что используется тандем из двух практически стандартных датчиков кислорода, работает он совершенно иначе.

В атмосфере содержится приблизительно 21 % кислорода. В отработавших газах бензинового двигателя примерно 1-2 %. В обычном датчике, за счет разницы концентрации, ионы кислорода перемещаются в твердом электролите ZrO_2 и создают разность потенциалов. Чем больше разница концентраций кислорода в атмосфере и отработавших газах, тем больше выходное напряжение. Это напряжение поступает в ECM, что позволяет регулировать состав смеси.

LAF датчик напоминает традиционный кислородный не только внешне, но и некоторыми внутренними особенностями. Как видно из рисунка рис. 4.2, он фактически сделан из двух обычных датчиков (1 и 2). Внешняя сторона чувствительного элемента датчика 1 находится в потоке отработавших газов, а его внутренняя сторона соприкасается не с атмосферой, а с диффузионной камерой. Позже мы увидим, что ECM управляет концентрацией кислорода в ней.

Датчик 2 установлен позади датчика 1, и его внешняя сторона создает герметичный отсек между этими двумя датчиками. Внутренняя часть датчика 2 находится в атмосфере.

Контакт внешней стороны датчика 1 подключен к ECM и называется входом ячейки напряжения (**cell voltage input**), на котором генерируется напряжение, отражая тем самым различия концентраций кислорода в отработавших газах и диффузионной камере. Диффузионная камера не соприкасается с атмосферой, но ECM может изменять в ней содержание кислорода.

Второй провод (**reference voltage**) подключен к внутренней части датчика 1 и внешней стороне датчика 2. На этот контакт подается эталонное напряжение 2,7В относительно минуса аккумулятора.

Третий провод (от внешней стороны) датчика 2 используется (**pump cell control**) для того, чтобы "прокачивать" кислород в диффузионную камеру или из неё.

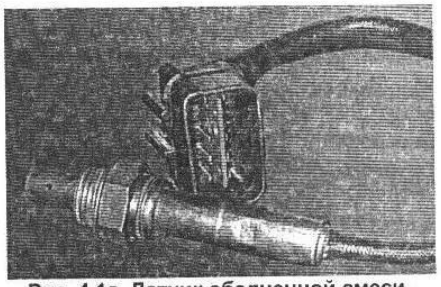


Рис. 4.1а. Датчик обедненной смеси.

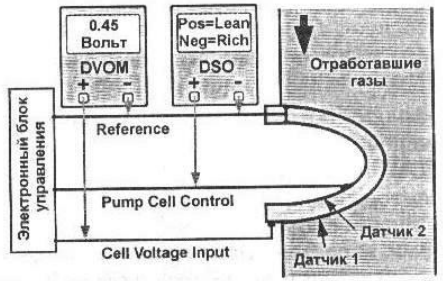


Рис. 4.2. Структура датчика обедненной смеси.

Управление LAF Датчиком

Благодаря тому, что ECM управляет (см. рис. 4.3) содержанием кислорода в диффузионной камере, LAF датчик измеряет состав топливо-воздушной смеси в широком диапазоне. При этом ECM контролирует выходное напряжение датчика 1, который, аналогично традиционному кислородному датчику, вырабатывает напряжение, обратно пропорциональное разнице концентрации кислорода у электродов.

ECM пытается поддерживать напряжение 0,45 В на датчике 1, управляя количеством кислорода в диффузионной камере. В зависимости от направления протекания тока через датчик 2 (контакт управления насосной ячейкой), кислород перемещается ("накачивается") в диффузионную камеру или из неё.

Так же, как многие другие электрические явления, движение ионов кислорода есть обратимый процесс. Например, протекание электрического тока создает магнитное поле, и, в свою очередь, изменение магнитного поля вызывает перемещение электронов (электрический ток). В датчике перемещение ионов кислорода между электродами создает

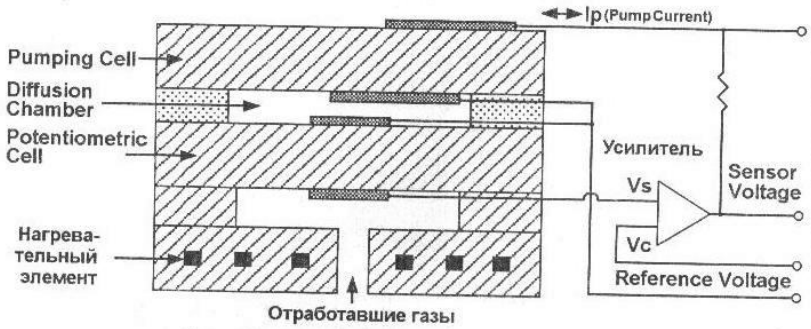


Рис. 4.3. Схема датчика обедненной смеси.

разность потенциалов, а "прикладывание" напряжения вызывает перемещение ионов кислорода. Величина напряжения, которым управляет ECM, на датчике 2 определяет направление перемещения ионов кислорода в диффузионной камере.

Иными словами, элемент, который контактирует с отработавшими газами, является чувствительным элементом. Пространство между двумя циркониевыми элементами образует диффузионную камеру. Прилагая переменное напряжение к управляющему элементу, ECM изменяет количество кислорода в диффузионной камере. Так как она является опорной для чувствительного элемента, то это позволяет влиять на его выходное напряжение. ECM проверяет напряжение чувствительного элемента как реакцию на изменение количества кислорода в отработавших газах. И прикладывает такое напряжение к элементу, чтобы поддерживать выходное напряжение датчика, равное 0,45 В. По величине приложенного напряжения определяется реальный состав смеси.

В отличие от стандартного датчика кислорода, напряжение может быть как положительным, так и отрицательным. Положительное напряжение указывает на бедную смесь, отрицательное напряжение - признак обогащенной смеси. Нормальный диапазон изменения напряжения составляет примерно 1,5 В.

Функционирование при богатых смесях (λ < 1)

Рассмотрим состояние системы при богатой топливо-воздушной смеси. Поскольку смесь обогащается, то происходит снижение содержания кислорода в отработавших газах и увеличивается поток ионов кислорода из диффузионной камеры *(diffusion chamber)* к системе выпуска. Это увеличивает выходное напряжение датчика 1 точно так же, как и любого другого кислородного датчика.

ECM обнаруживает увеличение напряжения на входе ячейки напряжения *(cell voltage input)* и понижает напряжение на насосной ячейке *(pump cell)* датчика 2 относительно обычного опорного напряжения *(reference voltage)* (фактически напряжение становится отрицательным). Это заставляет датчик 2 качать кислород из диффузионной камеры в атмосферу. Когда уровень кислорода в ней понизится, разница содержания кислорода между диффузионной камерой и отработавшими газами станет меньше, и напряжение на контакте ячейки напряжения уменьшится.

Функционирование при бедных смесях (λ > 1)

При обеднении смеси процесс происходит в обратном (противоположном) направлении. Поскольку содержание кислорода увеличивается, то перемещение ионов кислорода из диффузионной камеры к системе выпуска замедляется. При этом выходное напряжение датчика 1 уменьшается. ECM, "ощущая" это изменение, увеличивает напряжение на насосной ячейке, и датчик 2 "качает" в диффузионную камеру большее количество кислорода. Это увеличение количества кислорода в диффузионной камере заставляет большее количество ионов кислорода двигаться по направлению к системе выпуска, что увеличивает выходное напряжение датчика.

В результате этого ECM контролирует напряжение управления насосной ячейкой для поддержания на датчике 1 напряжения 0,45 В. Это напряжение используется ECM для определения состава отработавших газов в диапазоне от 12:1 до 22:1. Как будет изложено ниже (описание проверки), напряжение на насосной ячейке пропорционально воздушно-топливному коэффициенту (составу смеси).

Для систем с обратной связью по напряжению LAF-датчика введен новый параметр, называемый управляющий состав смеси (**commanded AF ratio**). Его суть состоит в том, что ECM определяет оптимальное соотношение между количеством воздуха и топлива в зависимости от режима работы двигателя. Это показано на рис. 4.4.

ENGINE SPD....704RPM	ENGINE SPD....2053RPM	ENGINE SPD....2505RPM
VSS....0MPH	VSS....21MPH	VSS....27MPH
ECT SENSOR....0.48V	ECT SENSOR....0.62V	ECT SENSOR....0.53V
IAT SENSOR....1.15V	IAT SENSOR....1.33V	IAT SENSOR....1.25V
MAP SENSOR....1.29V	MAP SENSOR....2.77V	MAP SENSOR....1.97V
BARO S....2.84V	BARO S....2.83V	BARO S....2.84V
TP SENSOR....0.49V	TP SENSOR....3.95V	TP SENSOR....0.49V
HO2S....14.9A/F	HO2S....12.3A/F	HO2S....22.1A/F
AF FB COND....CLOSED	AF FB COND....CLOSED	AF FB COND....CLOSED
AF FB CND....14.7A/F	AF FB CND....12.3A/F	AF FB CND....21.9A/F
BATTERY....13.3V	BATTERY....13.9V	BATTERY....13.8V

Рис. 4.4. Показания датчиков на различных режимах работы.

После определения оптимального состава смеси ECM сохраняет его значение в памяти и в дальнейшем поддерживает необходимое напряжение на контакте насосной ячейки в соответствующем диапазоне.

Например, ECM определил, что автомобиль может двигаться при более бедной смеси. После обеднения её состава уменьшением времени впрыска (pulse width, PW) проверяется напряжение на насосной ячейке. Как только достигнут необходимый результат, ECM фиксирует время открытого состояния форсунок. Иными словами, ECM определяет оптимальный состав смеси и использует LAF датчик для его поддержания в этом диапазоне.

Назначение контактов LAF-датчика (см. рис. 4.5).

1. "+" нагревателя ("HT CNTL")
2. " -" нагревателя (корпус, GND)
3. "сигнальный минус" ECM
4. Калибровочный резистор ("Label")
5. Свободный
6. Ячейка напряжения ("VS+")
7. Насосная ячейка ("IP+")
8. Опорное напряжение ("IP-, VS+")

Примечание: LAF датчик подключается с помощью 8-контактного разъема, в котором используются 7 контактов. Но сам датчик подключен к разъему только пятью проводами. К двум контактам разъема присоединен калибровочный резистор (calibrating resistor - label), сопротивление которого обычно 4 кОм. Иногда встречается подключение с помощью 10-контактного разъема (см. рис. 4.6 на 2 странице обложки). В этом случае сопротивление "крайнего" резистора примерно 0,65-0,7 кОм, второго – 55 – 60 кОм. Сопротивление нагревателя (желтый и оранжевый провода) составляет примерно 2-13 Ом.



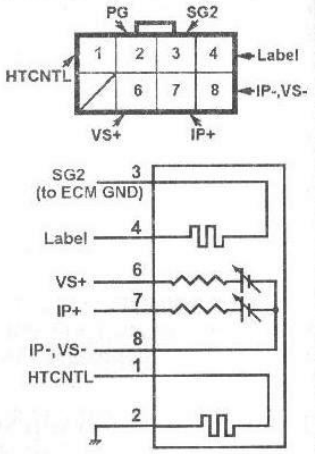


Рис. 4.5. Подключение LAF-датчика с помощью 8-контактного разъема.

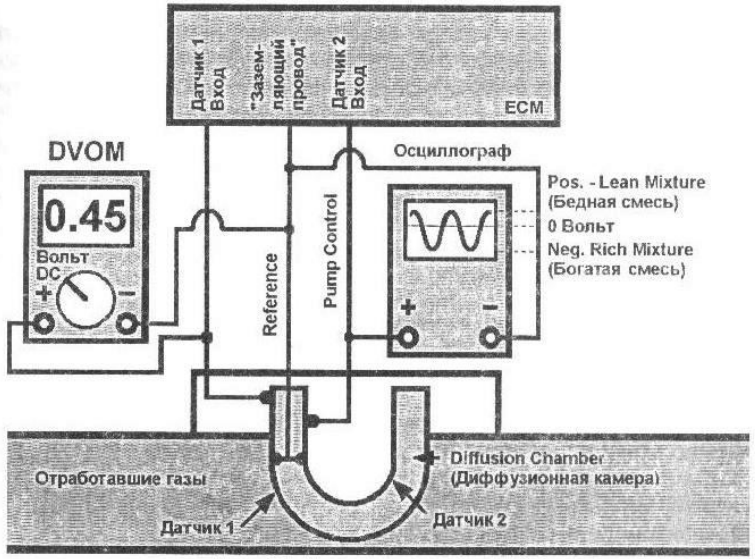


Рис. 4.7. Проверка LAF датчика.

Проверка LAF датчиков

Проверка этих датчиков состоит главным образом из трех проверок напряжения: опорного (**должно быть 2,7 В**), ячейки напряжения (должно быть постоянно 0,45 В) и ячейки насоса. Это напряжение эквивалент напряжения кислородного датчика и изменяется в соответствии с изменением состава топливо-воздушной смеси. Однако это напряжение обратно по отношению к обычному датчику: малое (низкое) – при богатой смеси и высокое – при бедной. Все эти проверки (см. рис. 4.7) проделаны при прогретом до рабочей температуры двигателе и после прогрева датчика при 2000 об/мин в течение 2 минут.

Опорное напряжение (Reference Voltage)

Провод, который является общим для обоих датчиков - провод опорного напряжения. Не путайте этот провод с "минусом" корпуса автомобиля (chassis ground), так как на нем есть напряжение. Проверка опорного напряжения проводится с помощью цифрового вольтметра (DVOM) при подключении положительного входа к Reference Wire (контакт №8), отрицательного - к "общему" проводу (контакт №2). Значение – 2,7 В.

Напряжения на ячейке насоса (Pump Cell Voltage)

Напряжение на ячейке насоса - наиболее информативное напряжение при диагностике, так как оно отражает состав отработавших газов. Это напряжение непостоянно и должно проверяться с помощью обычного, а еще лучше, цифрового запоминающего осциллографа (digital storage oscilloscope, DSO). Все приведенные проверки напряжения сделаны с использованием DSO в масштабе 500 мВ/дел и 200 мсек/дел при подключении следующим образом: положительный провод (сигнальный) к Pump Cell Control (контакт 7), отрицательный - к Reference Voltage (контакт 8). Значение при обогащении - примерно 1,0 В, при обеднении - примерно 0,4 В.

Тест "на обогащение" (Rich Response Test)

Впрыскивайте распылителем топливо во впускной коллектор (или снимите и заглушите вакуумный шланг управления клапаном регулировки давления в топливной системе). Это позволит временно обогатить топливо-воздушную смесь. Напряжение на контакте "pump cell" должно изменить полярность (на отрицательную) и стать равным примерно – 1,0 В. На рис. 4.8 показаны результаты проверки на Civic VX 1992 года выпуска с заведомо исправным LAF-датчиком. Значение напряжения на pump cell на этом автомобиле было приблизительно –1,3 В.

Тест "на обеднение" (Lean Response Test)

Временно обедните смесь. Это произойдет после прекращения подачи дополнительного топлива (или после того, как будет восстановлено вакуумное соединение). Я предпочитаю отсоединять разъем форсунки. Это быстро создает значительное обеднение смеси в нужное для Вас время. При обедненном состоянии напряжение должно увеличиться примерно до 0,4 - 0,6 В.

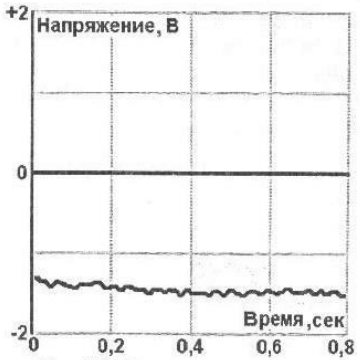


Рис.4.8. Результаты проверки "на обогащение".



Рис. 4.9. Результаты проверки "на обеднение".

На рис. 4.9 показаны результаты такой проверки на том же автомобиле. Значение на этом же автомобиле составляет примерно +0,4 В. Эта проверка была проведена при отключении форсунки.

Полный диапазон изменения при переходе от положительного к отрицательному напряжению должен превысить 1 В. На тестируемом автомобиле он составлял 1,7 В, что является признаком исправного датчика.

Время отклика (постоянная времени)

Кратковременно обогатите топливо-воздушную смесь, резко открывая и отпуская дроссельную заслонку. Напряжение pump cell должно немедленно уменьшиться. Время перехода в состояние обогащенной смеси должно быть не более 100 мсек. Если длительность переключения больше, то датчик неисправен и его желательно заменить.

На рис. 4.10 показаны результаты проверки после того, как была дважды открыта дроссельная заслонка. После первого открытия произошло временное обеднение (сразу после первоначального обогащенного состояния), и второе открытие проверило способность датчиков реагировать (откликнуться) на изменение состава смеси от обедненного к богатому. Вполне исправный датчик.

Следует заметить, что у LAF датчиков те же проблемы, что и у обычных кислородных датчиков. Наиболее вероятная причина их неисправности это - загрязнение датчика. Цена LAF датчика для Civic HX 1996-1998 гг. иногда составляет более чем 400 $US. Поэтому следует быть максимально уверенным в необходимости его замены.

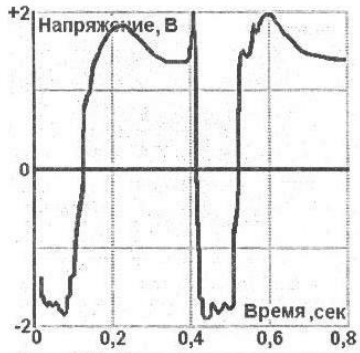


Рис. 4.10. Результаты проверки на кратковременное обогащение.

5. Датчики обедненной смеси ("Lean mixture sensors")

Общее описание и принцип действия

По мере повышения требований к содержанию вредных веществ в отработавших газах и дальнейшего развития конструкции бензиновых двигателей внутреннего сгорания обычные кислородные датчики перестали удовлетворять разработчиков систем впрыска.

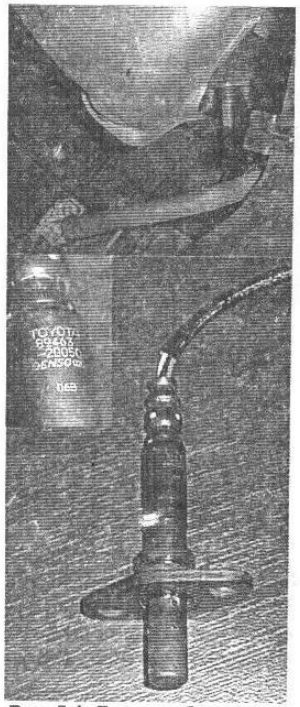


Рис. 5.1. Датчик обедненной смеси ("Lean mixture sensor") двигателя 4A-FE.

Внедрение технологии[1] двигателей обедненной смеси ("Lean Burn") потребовало разработки датчиков новой конструкции. Основной параметр (крутизна) выходной характеристики обычного кислородного датчика не позволяет оценивать (определять) состав отработавших газов при работе двигателя на обедненных топливо-воздушных смесях. То есть с помощью этих датчиков ECM может определить только приблизительный состав смеси, т.е. богатая она или бедная, но не может определить, насколько состав смеси отличается от стехиометрической величины (14,7:1) при работе на обедненной смеси. Датчики обедненной смеси (см. рис. 5.1) были разработаны для топливных систем таких двигателей[2], работающих на "обедненных смесях" (Lean Burn). Это были первые промышленные датчики с пропорциональной выходной характеристикой. Иногда конструктивно они практически неотличимы от традиционных кислородных датчиков, хотя некоторые производители, например, Honda, используют 5-контактные (LAF-Sensors) и даже 6-контактные. Эти датчики выпускают известные фирмы Bosch, NGK, HJS.

[1] В этих двигателях за счет изменения конструкции головки блока цилиндров, геометрии поршня, места установки форсунок и применения специальных алгоритмов управления составом топливо-воздушной смеси удается при незначительном уменьшении максимальной мощности и крутящего момента значительно улучшить показатели экономичности.

[2] Применяются в некоторых моделях Honda Civic VX (1992-1995) и Civic HX (1996-1998), Toyota Carina II (1987-1992), Toyota Carina E (1992-1997).

Применение таких датчиков позволяет контролировать и поддерживать состав смеси примерно до $\lambda = 23$ при значительном сокращении выбросов NO_x и уменьшении расхода топлива.

Датчик обедненной смеси (см. рис. 5.2) работает следующим образом. К циркониевому чувствительному элементу прикладывается напряжение, которое вызывает протекание через него электрического тока за счет перемещения ионов кислорода между электродами. Количество перемещенного ионизированного кислорода определяется как величина электрического тока и линейно зависит от напряжения.

ECM прикладывает к циркониевому чувствительному элементу напряжение, величина которого зависит от степени обеднения топливо-воздушной смеси, и определяет ток, который протекает через датчик *[3]. Таким образом, если на чувствительный элемент подавать постоянное напряжение, то ток, протекающий через него, будет зависеть от разницы концентрации кислорода на его электродах. Иными словами, ECM создает постоянную составляющую протекающего через датчик тока, которая модулируется током, величина которого зависит от концентрации кислорода в отработавших газах и в атмосфере.

В этих датчиках для создания постоянного тока, пропорционального составу топливо-воздушной смеси, используется дополнительный керамический диффузионный слой с функцией ионного насоса.

Электрохимическая реакция в датчике обедненной смеси может быть представлена следующим образом:

$$I = C \frac{D_{O2}}{T} \frac{PS}{l} ln\left(\frac{1}{1 - P_O / P}\right)$$

Где
I - ток, протекающий через чувствительный элемент;
C - постоянная;
D_{O2} - коэффициент диффузии слоя;
T - абсолютная температура;
S - площадь поверхности электродов;
l - глубина диффузионного слоя;
Po – парциальное давление кислорода у "атмосферного" электрода;
P – абсолютное давление.

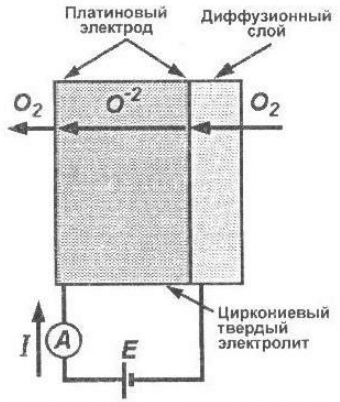


Рис. 5.2. Схема работы датчика обедненной смеси.

[3] В сканерах заложена возможность измерения тока в диапазоне 0-72 мА.

Диффузионный слой состоит из молекул $MgAl_2O_4$, радиус пор которого составляет 100...1000Å. Этот диффузионный слой ограничивает молекулярную диффузию, вызываемую парциальным давлением кислорода.

Согласно [10], диффузия в диффузионном слое может быть получена со свойствами "температурной независимости" или "независимости от давления", основанными на размерах микропор. В системах впрыска нашла применение "температурная независимость" параметров этого слоя. Это потребовало повышение мощности нагревателя за счет снижения его сопротивления. Для увеличения срока службы (надежности) на подогреватель такого зонда подается импульсное напряжение, скважность которого в значительной мере зависит от температуры и в меньшей мере от режима работы двигателя.

В датчике обедненной смеси напряжение подается на чувствительный элемент из двуокиси циркония при высокой температуре (650°С и выше), в результате чего возникает ток, значение которого пропорционально концентрации кислорода в отработавших газах. При этом, если топливо-воздушная смесь богатая, то такой датчик его не генерирует. При бедной топливо-воздушной смеси в отработавших газах содержится много кислорода, и величина тока, генерируемого активным элементом, увеличивается. Для определения степени обеднения топливо-воздушной смеси ECM подает на датчик переменное напряжение и анализирует приращение тока. Иными словами, ECM "подключает" ионный насос и таким образом определяет состав топливо-воздушной смеси при $\lambda > 1$.

Суть процессов, происходящих в датчике, заключается в том, что выходной ток датчика зависит от состава смеси и увеличивается по мере обеднения смеси (см. рис. 5.3).

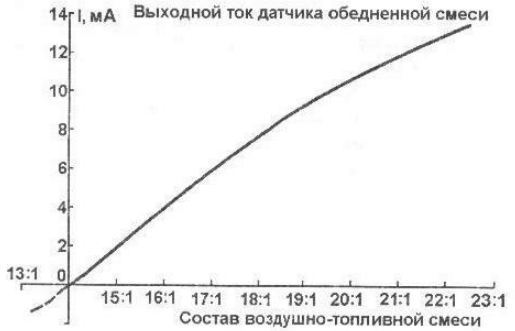


Рис. 5.3. Зависимость тока датчика от обеднения смеси.

Но в то же время ток датчика зависит от прикладываемого к нему напряжения. Зависимость выходного тока датчика от приложенного напряжения при постоянной концентрации кислорода (атмосферный воздух, содержание кислорода приблизительно 21%) в зоне напряжения до 0,3 В практически линейна (см. рис. 5.4).

Таким образом ECM в состоянии различать ток датчика, вызванный приложенным напряжением, от тока, определяемого содержанием кислорода в отработавших газах.

Выходная характеристика датчика обедненной смеси представлена на рис. 5.5, где показаны графики зависимости тока, протекающего через датчик от подаваемого на него напряжения (0,2 - 0,9 В) и при разных составах топливо-воздушной смеси. Например, когда на датчик подано постоянное напряжение (показано на рис. 5.5 пунктиром), например, 0,8 В, то электрический ток пропорционален содержанию кислорода в отработавших газах и его величина используется для анализа состава смеси.

Из всего выше изложенного следует, что датчик обедненной смеси ("Sensor Lean Mixture") выступает в двух ипостасях. При обогащенной топливо-воздушной смеси, как обычный кислородный датчик, генерирует выходное напряжение более 0,45 В. При обедненной смеси – как источник тока. Причем ECM для увеличения чувствительности датчика подает на него соответствующее напряжение.

Но в области богатой топливо-воздушной смеси выходной ток датчика обедненной смеси насыщается в области λ=0,88 (отношение воздух/топливо 13:1), что снижет точность определения состава отработавших газов в этом диапазоне состава топливо-воздушной смеси.

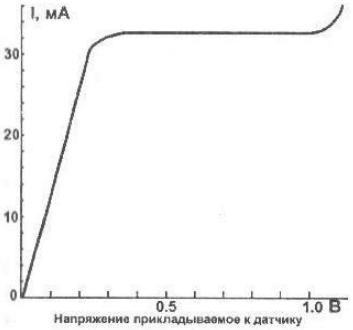


Рис. 5.4. Выходная характеристика датчика обедненной смеси в атмосферном воздухе.

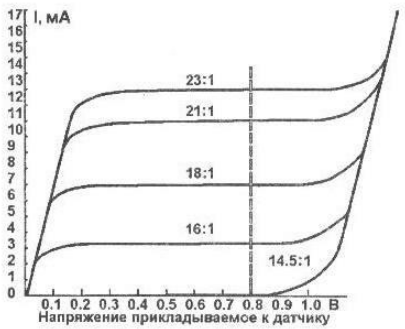


Рис. 5.5. Выходная характеристика датчика обедненной смеси.

Примеры диагностики датчиков обедненной смеси

Рассмотрим Toyota Carina II (JT1EAT171) выпуска 1989 года с двигателем 4A-FE (1,6 л) с системой Lean Burn. Пробег: 159259 км.
Симптомы: неустойчивый Х.Х., повышенный расход топлива, устойчиво считывается код самодиагностики "21".

На рис. 5.6 представлены графики зависимости: длительности впрыска (**t3,** мсек), выходного напряжение датчика кислорода (**k4**, милливольт), частоты вращения коленчатого вала (**W2,** об/мин) в течение 20 секунд при различных режимах работы двигателя.

Обращает на себя аномально большое время открытого состояния форсунок при Х.Х. прогретого двигателя (3,7 мсек, участок "**a**"), низкое напряжение (120...140 милливольт) на Sensor Lean Mixture (Toyota Parts No.89463-20050 - ND192500-0200_12 L). А также невероятный "скачок" этого напряжения в режиме "принудительный Х.Х." (участок **d**), т.е. в ситуации, когда при закрытой дроссельной заслонке и больших оборотах коленчатого вала подача топлива прекращается. Это увеличение напряжения на датчике объясняется тем, что в этом режиме смесь крайне обеднена и ECM пытается определить степень её обеднения, подавая на датчик соответствующее напряжение. Налицо все признаки неисправного датчика. ECM в попытке компенсировать якобы бедную топливо-воздушную смесь значительно увеличивает время впрыска, но не получая соответствующего "отклика" системы и достигнув максимального предела регулировки, зажигает лампу "Check Engine" и "выставляет" код самодиагностики 21.

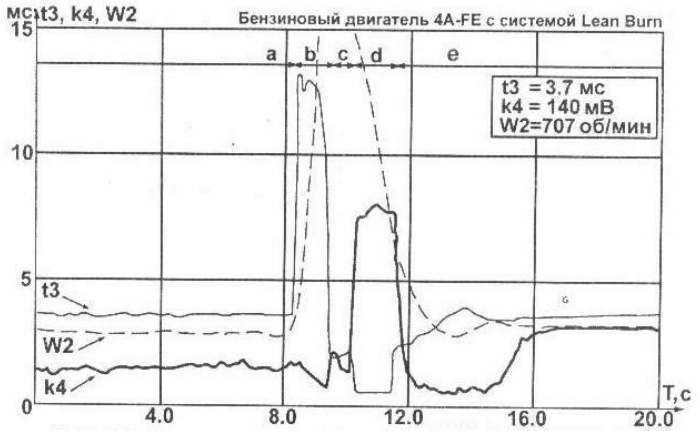


Рис. 5.6. Проверка автомобиля Toyota Carina II (T1EAT171) выпуска 1989 года с двигателем 4A-FE, 1,6 л (Lean Burn).
a, e – холостой ход (Х.Х.); b – ускорение; c+d – "принудительный Х.Х."; d – "режим отсечки".

Для проверки реакции системы вместо неисправного датчика был установлен обычный циркониевый кислородный датчик (Toyota Part No. 89465-41030). На рис. 5.7 представлены результаты замены.

Заметны уменьшение времени впрыска (до 3,3 мсек), увеличение оборотов холостого хода (до 780 об/мин), значительная амплитуда и скорость переключения напряжения кислородного датчика. Т.е. в режиме обычного состава смеси датчик работает нормально, но при этом по-прежнему считывается код самодиагностики 21. Причина этого заключается в том, что ECM не может обеспечить режим обедненной смеси и справедливо считает этот датчик неисправным.

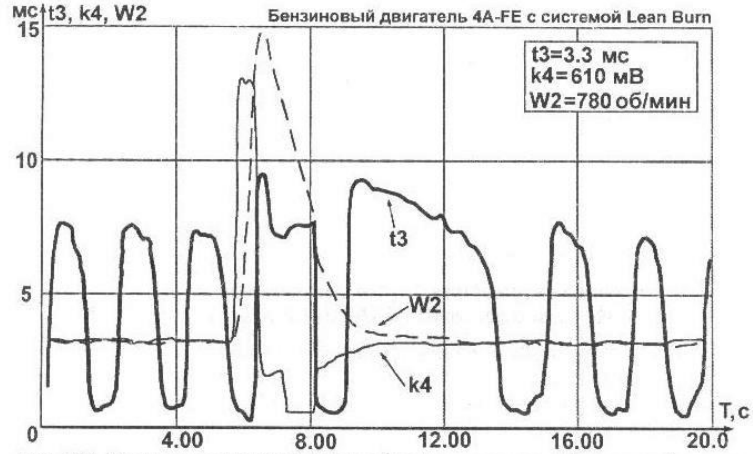


Рис. 5.7. Проверка системы после замены датчика обедненной смеси на обычный циркониевый кислородный датчик.

Предлагаю также рассмотреть Toyota Carina E (SB153ABK0...) выпуска 1995 года с двигателем 4A-FE (1,6 л) с системой Lean Burn. Пробег: 102431 км.

Симптомы: недостаточная динамика разгона ("тупая"). Так как в режиме резкого ускорения разрывается обратная связь по данным датчика обедненной смеси, то поиск причин следовало искать в другой области...

На этом графике (см. рис. 5.8) представлено напряжение исправного датчика обедненной смеси (Toyota Parts No. 89463-20050) при холостом ходе (Х.Х.), разгоне двигателя, принудительном Х.Х. Особых замечаний или комментариев нет. Система находится в режиме замкнутой обратной связи, в момент срабатывания датчика Х.Х. (контакт IDL датчика положения дроссельной заслонки) осуществляется так называемый "асинхронный впрыск" топлива всеми форсунками.

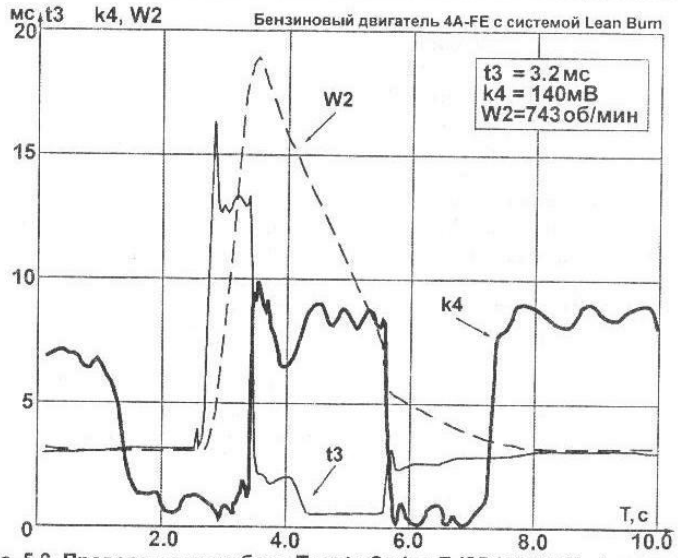


Рис. 5.8. Проверка автомобиля Toyota Carina E (SB153ABK0...) выпуска 1995 года с двигателем 4A-FE, 1,6 л (Lean Burn).

Для проверки пропускной способности[4] каталитического нейтрализатора отработавших газов (катализатора), т.е. для измерения давления в системе выпуска, был выкручен датчик и на его место был установлен манометр. Катализатор оказался в полном порядке (давление 5 кПа), но "заодно" были получены данные при выкрученном (снятом), но неотключенном датчике (см. рис. 5.9).

Примечание: как много общего с предыдущим графиком (см. рис. 5.6) и прошу обратить внимание на значительное увеличение времени впрыска (открытого состояния форсунок) на Х.Х. (с 3,1...3,2 мс до 3,9 мс)!

И при этом пресловутый код "21" так и не успел появиться...

После проверки "меток" оказалось, что "тупость" этого автомобиля вызвана неправильной установкой (на два зуба - !) фаз газораспределительного механизма (при замене ремня ГРМ).

С "последствиями" неправильной регулировки начального угла опережения зажигания пришлось столкнуться на Toyota Carina E (JT153ATK0...) 1994 года с двигателем 4A-FE, 1,6 л (Lean Burn). Пробег: 142935 км. Симптомы: небольшая (я бы сказал, практически неощутимая) вибрация при Х.Х. прогретого двигателя, некоторая "вялость" автомобиля и это при расходе 8 литров на 100 км.

[4] При нормальной пропускной способности нейтрализатора избыточное давление не более 20,7 кПа.

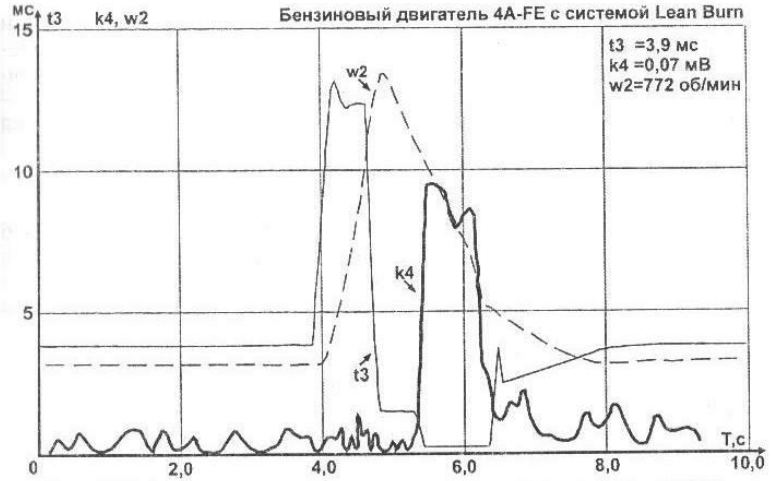


Рис. 5.9. Показания при выкрученном, но неотключенном датчике.

время впрыска: 3,2 мсек;
обороты: 756 об/мин;
разрежение во впускном коллекторе: 260 мм рт. ст.;
диапазон напряжения на датчике кислорода: 0,1...0,8 В;
быстродействие системы на изменение состава смеси: менее 120 мсек).

Параметры близки к идеальным, что косвенно подтверждается указанным (со слов владельца) расходом топлива. Но оказалось, что есть резервы! При проверке регулировки начального угла опережения зажигания, выяснилось, что установлено 5° "до верхней мертвой точки" (5° BTDC). После регулировки показатели заметно "улучшились":

время впрыска снизилось до 3,0 мсек;
обороты Х.Х. не изменились (что естественно, т.к. их поддержанием "занимается" ECM),
несколько улучшилось (уменьшилось) разрежение во впускном коллекторе – до 250 мм рт. ст.

И при этом амплитуда и скорость переключения напряжения на датчике не изменились. Т.е. они остались на том же уровне, но в зоне меньшего времени впрыска. Ощутимо улучшились динамические качества автомобиля.

Могут быть небезынтересны наблюдения 1989 Toyota Carina II (JT1EAT171) с двигателем 4A-FE, 1,6 л (Lean Burn). Пробег: 136679 км.

Каких-то особых замечаний к автомобилю у владельца не было. Но к этим "эскулапам" только попади. При проверке параметров системы впрыска выявлено, что время впрыска при Х.Х. прогретого двигателя,

мягко говоря, большое, и составляет 3,7...3,8 мс! Проверка датчиков и исполнительных устройств показала их полную исправность. К сожалению, не удалось проверить диапазон выходного тока датчика обедненной смеси (Toyota Part No. 89463-20030).

Интересна реакция двигателя на повышение давления в топливной системе:

- уменьшение времени впрыска до 3,4 мс;
- увеличение оборотов Х.Х. (примерно на 100 об/мин);
- улучшение (увеличение) разрежения во впускном коллекторе, что нашло своё отражение в уменьшении выходного напряжения датчика разрежения во впускном коллекторе. То есть, с одной стороны двигатель "хочет" топливо (увеличение оборотов Х.Х.), но только распыленное должным образом, а с другой стороны, его многовато, т.к. ECM существенно уменьшил время открытого состояния форсунок.

После проведения промывки (очистки) форсунок жидкостью Wynns:

- время впрыска при Х.Х. двигателя уменьшилось до 3,4 мс;
- несколько улучшилось разрежение во впускном коллекторе;
- пришлось уменьшить (почти на 200 об/мин) обороты Х.Х. (после того как в результате очистки форсунок они возросли до 1050...1100 об/мин).

Но тем не менее, при повышении давления в топливной системе (при кратковременном снятии вакуумного шланга с регулятора давления в топливной системе), время впрыска снова уменьшается, но уже до 3,2 мс! ECM получает информацию об обогащении смеси и корректирует базовый состав смеси, используя (изменяя в сторону уменьшения времени впрыска) кратковременный топливный баланс (Short FT).

В таблице представлены возможные варианты применяемых датчиков обедненной смеси Toyota.

Part Name: SENSOR, LEAN MIXTURE Part Name Code : 89463

Part Number	Model Name	From-To	Models(Description)
89463-29055	AVENSIS	9710-9805	AT221..MTM
			AT220..TERRA
89463-29065	AVENSIS	9710-	AT221..ATM
89463-29055	AVENSIS	9805-	AT220..RHD
			AT221..MTM
89463-29025	CARINA 2	8712-8911	AT171..EFI
89463-29035	CARINA 2	8911-9211	AT171..LHD.MTM..G
89463-29045	CARINA E(JPP)SED/LB	9202-9411	AT190..JPP.(SED,LB)..MTM
89463-29045	CARINA E(UKP)	9212-9412	AT190..UKP.(SED,LB)..MTM
89463-29055	CARINA E(UKP)	9412-9605	AT190..UKP.MTM
			AT191..UKP
89463-29055	CARINA E(UKP)	9605-9710	AT19#..UKP.MTM
89463-29065	CARINA E(UKP)	9605-9710	AT191..UKP.ATM
89463-29045	CARINA E(JPP)WG	9211-9411	AT190..JPP.WG
89463-29055	CARINA E(JPP)WG	9411-9601	AT19#..JPP.WG

6. Широкополосные кислородные датчики Toyota (Wide Range Air/Fuel Sensor[1])

Взгляните на этот, обычный на первый взгляд, датчик содержания кислорода в отработавших газах Toyota Camry LE (SXV20) с двигателем 5S-FE (см. рис. 6.1). Многие уверенно определят его как обычный циркониевый кислородный датчик с подогревателем. На самом деле, на этом фото представлен **широкополосный датчик состава топливо-воздушной смеси** (Toyota **Wide Range Air/Fuel Sensor**, Part No. 89467-33010). Toyota использует эти датчики, начиная с 1997, на некоторых моделях для California. С 1999 года они нашли применение в других моделях Toyota и Lexus.

В литературе обычно приводится следующий график (см. рис. 6.2) зависимости напряжения широкополосного датчика состава топливо-воздушной смеси от степени её обогащения (обеднения). График подразумевает, что этот датчик генерирует напряжение в прямой зависимости от состава топливо-воздушной смеси. Оно изменяется согласно изменению количества кислорода в отработавших газах. Но это не верно.

Напряжение, показанное на графике, можно видеть только при его проверке с помощью т.н. дилерского сканера (Toyota Part No. 09991-60100) или сканера *Vetronix MTS 3100 Mastertech* (см. рис. 6.3) с соответствующим картриджем. Напряжение на датчике не является из-

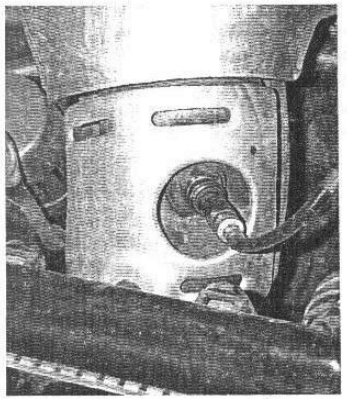


Рис. 6.1. Широкополосный датчик состава топливо-воздушной смеси.

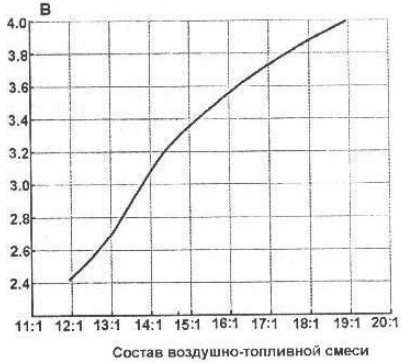


Рис. 6.2. Зависимость напряжения широкополосного датчика состава топливо-воздушной смеси от степени её обогащения (обеднения).

[1] Аналогичный датчик используется в системах впрыска автомобилей других производителей, например, *Subaru Impreza* выпуска 2000 г.



Рис. 6.3. Сканер Vetronix MTS 3100 Mastertech.

RPM rpm	700	Hexane ppm	0
CO2 %	14.91	NOx ppm	3
CO %	0.00	AFR —	14.98
O2 %	0.37	Lambda —	1.02

Рис. 6.4. Результаты проверки состава топливо-воздушной смеси.

менением его выходного напряжения. Результатом работы датчика является изменение (в обоих направлениях) выходного тока (до 0,020 А), величина которого определяется составом смеси. И только в ECM происходит преобразование этого тока в соответствующее напряжение. Так как сканеры считывают данные непосредственно из памяти ECM, то результат внутреннего преобразования и есть напряжение, которое просматривается на экране. Toyota заявляет, что напряжение этого датчика может быть проверено только с помощью инструментальных средств с соответствующим (дилерским) программным обеспечением. Но и это не совсем так или совсем не так.

Действительно, в отличие от обычных кислородных датчиков, напряжение на широкополосном датчике состава топливо-воздушной смеси увеличивается при обеднении топливо-воздушной смеси и уменьшается при её обогащении. Но главное то, что его выходной сигнал соответствует составу топливо-воздушной смеси во всем диапазоне её изменений. Поэтому применение этого датчика позволяет поддерживать управление системой впрыска как при обедненных, так и при обогащенных смесях.

На рис. 6.4 представлены результаты проверки состава топливо-воздушной смеси этого же двигателя с помощью газоанализатора. Вредных веществ (HC, CO и NO_x) практически нет...

Ниже описаны способы достоверной проверки этих датчиков другими способами.

На рис. 6.5 показан screen shot (30 секунд) для *Toyota Camry* выпуска 2001 года с двигателем *5S-FE (2, 2 л)* при X.X. прогретого двигателя в режиме замкнутой обратной связи. Напряжение датчика AFS B1 S1=3,29 В, что соответствует практически идеальному составу топливо-воздушной смеси AF FT B1 S1=0,99 (1% обогащения относительно стехиометрического соотношения).

Если напряжение на датчике уменьшается (с 3,30 до 2,80 В), то это признак богатой топливо-воздушной смеси и недостатка кислорода в отработавших газах автомобиля. Аналогично, если напряжение увеличивается (с 3,30 до 3,80 В), то это признак обеднения смеси и наличия в отработавших газах избыточного кислорода. Рассматриваемое напряжение не колеблется подобно выходному напряжению кислородного датчика и является относительно стабильным. Его резкие колебания возможны только при экстремальном изменении состава отработавших газов.

На рис. 6.6 представлен результат проверки при обогащении смеси посредством увеличения давления в топливной системе. AF FT B1 S1=0,81, т.е. смесь богаче на 19% относительно оптимального состава. Напряжение на датчике AFS B1 S1=2,63 В.

Параметр AF FT B1 S1 это коэффициент состава смеси (Lambda). Lambda = 1 при стехиометрическом составе смеси (14,7:1) и принято считать такой состав смеси оптимальным. AF FT B1 S1 менее 1 указывает на богатую смесь. При AF FT B1 S1 более 1 - смесь обедненная.

В таблице 1 приведены примеры при разных режимах двигателя.

Таблица 1

	#1	#2	#3	#4
Время впрыска	2,9 мс	2,8 мс	2,3 мс	3,2 мс
Частота вращения коленчатого вала	694 об/мин	1786 об/мин	1154 об/мин	757 об/мин
AFS B1 S1	3,29 В	3,94 В	3,01 В	2,78 В
SHORT FT	2,3%	-0,1%	-0,1%	-0,1%
LONG FT	4,6%	-0,1%	4,6%	4,6%
AF FT B1 S1	0,99	1,27	0,93	0,86
Состав смеси	1% обогащения	27% обеднения	7% обогащения	14% обогащения

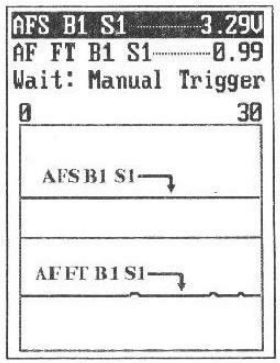


Рис. 6.5. Screen shot при X.X. прогретого двигателя в режиме замкнутой обратной связи.

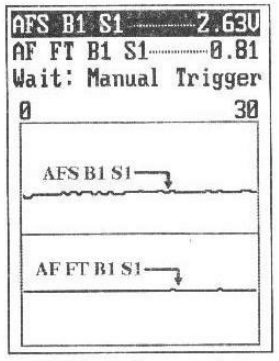


Рис. 6.6. Screen shot при обогащении смеси.

Обычные сканеры потоков данных OBD II, исключая Mastertech/Toyota с оригинальным программным обеспечением, отображают напряжение этого датчика в том же диапазоне, что и обычного. Toyota несколько схитрила и обычным сканерам "выдает" данные, приведенные (адаптированные) к диапазону, свойственному обычным кислородным датчикам. То есть, как бы производит "деление на 5" реального напряжения. Несколько путано, но "что делать?". Поэтому обычные сканеры данных определяют этот датчик как обычный кислородный, соответственно, обозначают его как "O2B1S#", и в результате выводимые данные несколько отличаются от реальных (см. таблицу 2).

Таблица 2

Результат измерения напряжения на датчике состава смеси		
Mastertech MTS 3100	OBD II Scan Tools*	Состав смеси (AFR)
2,5 В	0,5 В	12,5:1 (0,85)
3,0 В	0,6 В	14,0:1 (0,953)
3,3 В	0,66 В	14,7:1 (1,00)
3,5 В	0,7 В	15,5:1(1,055)
4,0 В	0,8 В	18,5:1 (1,26)
*Сканеры *CJII, X-431, MT2500* и др.		

Внимательному читателю предлагаю также обратить внимание на screenshot сканера CJII (см. рис. 6.7) напряжения (O2B1S1) на датчике состава смеси, который установлен до каталитического нейтрализатора.

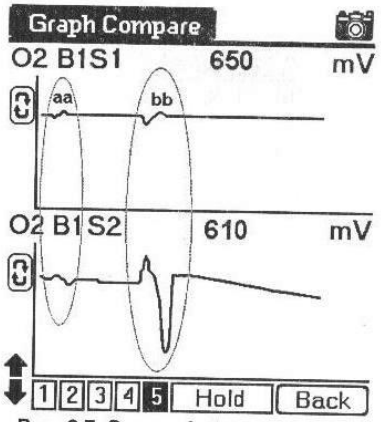


Рис. 6.7. Screenshot сканера CJII, напряжения на датчике состава топливо-воздушной смеси.

Повторюсь, не все сканеры достоверно определяют этот тип датчика и при выводе на экран дисплея его параметров используют обычную "терминологию". Иными словами, не отличают его от обычного кислородного датчика и показывают не реальное напряжение, а результат преобразования.

*Участок **aa** представляет реакцию датчика на небольшое увеличение оборотов, участок **bb** – соответствует резкому и значительному нажатию на педаль акселератора (открывание дроссельной заслонки).*

На рис. 6.8 представлен аналогичный график изменения напряжения при Х.Х. и при повышенных оборотах двигателя, полученный с помощью т.н. дилерского сканера данных MTS3100. Следует иметь в виду, что сигнал этого датчика изменяется при изменении частоты вращения коленчатого вала, но не "переключается" при Х.Х., как это происходит у обычного кислородного датчика.

Есть принципиальные отличия в "поведении" напряжения на этом датчике и на том, что описан в главе "Датчики кислорода и каталитический нейтрализатор" (см. рис. 2.6). Причина в том, что это два совершенно разных датчика.

Широкополосный датчик состава топливо-воздушной смеси отличается от обычного кислородного датчика тем, что не генерирует напряжение, а является источником тока при фиксированном напряжении на электродах чувствительного элемента. При постоянно приложенном напряжении, этот ток линейно зависит от состава смеси. Его изменение используется для точного определения коэффициента смеси во всем диапазоне её изменения. Т.е. этот датчик является линейным и широкодиапазонным. Вполне корректно этот датчик можно определить как результат дальнейшего совершенствования датчиков обедненной смеси (см. главу "Датчики обедненной смеси"). Отличие от него состоит в том, что, подавая на датчик напряжение смещения, удалось расширить диапазон измеряемых составов смеси. За счет использования операционных усилителей – улучшить линейность проходной характеристики (см. рис.6.9).

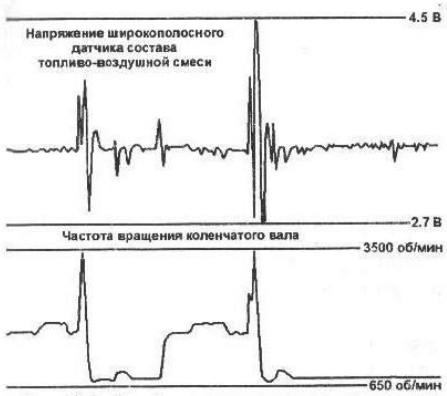


Рис. 6.8. График изменения напряжения при Х.Х. и при повышенных оборотах двигателя.

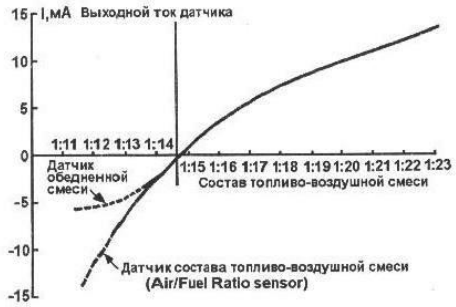


Рис. 6.9. Проходная характеристика широкополосного датчика состава топливо-воздушной смеси.

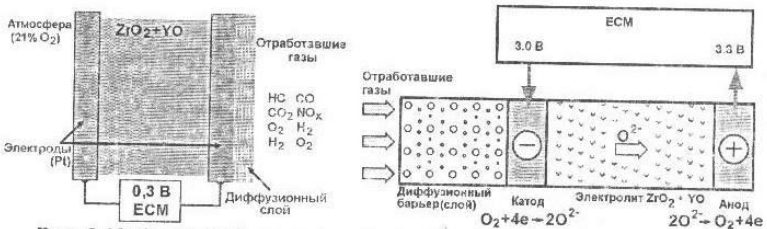


Рис. 6.10. Схема работы датчика состава топливо-воздушной смеси.

Для ограничения молекулярного потока чувствительный элемент покрыт дополнительным диффузионным керамическим слоем (ceramic diffusion layer) на основе $MgAl_2O_4$ (см. рис. 6.10). Этот дополнительный слой выполняет функцию "молекулярного резистора" для потока ионов кислорода. Твердый электролит чувствительного элемента содержит двуокись циркония и окись иттрия.

При этом, когда смесь беднее оптимальной, то из-за прокачки кислорода из системы выпуска к окружающей среде ток увеличивается. Когда смесь богаче, то кислород "качается" из окружающей среды в систему выпуска и к каталитическому преобразователю O_2, CO и HC.

При постоянном приложенном напряжении ток изменяется при изменении состава смеси. Это изменение оказывается достаточно линейно и используется для определения состава смеси во всем допустимом диапазоне его изменения.

Рассматриваемый датчик состава топливо-воздушной смеси выполнен так, чтобы в зоне стехиометрического состава смеси при напряжении на чувствительном элементе 3,3 В и разности потенциалов между его электродами, равной 0,3 В, его выходной ток был равен нулю (см. рис. 6.11).

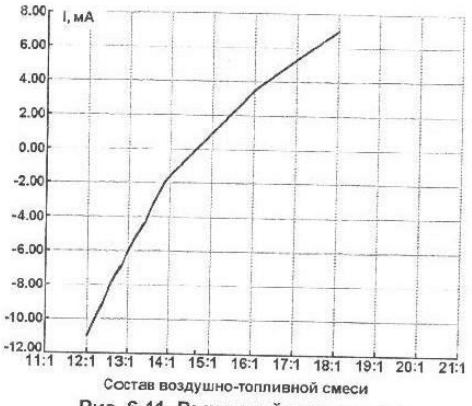


Рис. 6.11. Выходной ток датчика (при напряжении 0,3 В).

При богатой смеси (малом содержании кислорода в отработавших газах) генерируется "отрицательный" ток, и ECM понижает напряжение на датчике. При этом кислород "качается" из окружающей среды в систему выпуска и к каталитическому преобразователю O_2, CO и HC.

При обедненной смеси (высоком содержании кислорода) изменяется направление протекания тока и, соответственно напряжение на датчике увеличивается более 3,3 В. При этом ток увеличивается из-за прокачки кислорода из системы выпуска к атмосфере.

Таким образом, напряжение на этом датчике линейно зависит от состава отработавших газов (в том числе и в зоне богатых смесей). Это позволяет ECM точно определять состав смеси и осуществлять управление с максимальной эффективностью.

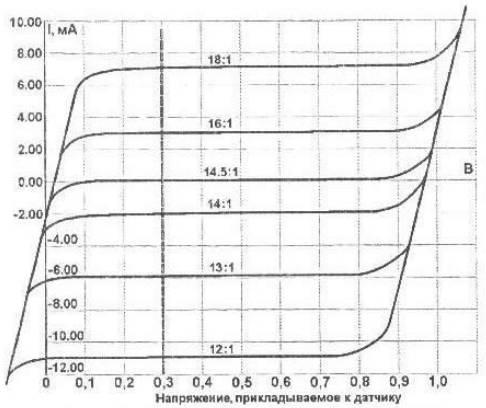


Рис. 6.12. Выходная характеристика широкополосного датчика состава топливо-воздушной смеси.

На рис. 6.12 представлена выходная характеристика датчика состава топливо-воздушной смеси.

В таблице 3 отражена зависимость тока датчика от состава смеси при разном напряжении на его электродах.

Таблица 3

Напряжение между электродами	12:1 AFR=0,82	13:1 AFR=0,89	14:1 AFR=0,95	14,7:1 AFR=1,0	16:1 AFR=1,09	18:1 AFR=1,22
1,1	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0
1,0	4,0	4,0	4,0	4,0	5,0	7,7
0,95	0,0	0,5	1,6	2,3	4,3	7,4
0,90	-4,0	-3,0	-0,9	0,5	3,6	7,0
0,80	-9,8	-5,5	-1,6	0,1	3,3	7,0
0,70	-10,7	-6,0	-1,8	0,0	3,3	7,0
0,60	-11,0	-6,0	-1,8	0,0	3,3	7,0
0,50	-11,0	-6,0	-1,8	0,0	3,3	7,0
0,40	-11,0	-6,0	-1,8	0,0	3,3	7,0
0,30	**-11,0**	**-6,0**	**-1,8**	**0,0**	**3,3**	**7,0**
0,20	-11,0	-6,0	-1,8	0,0	3,3	6,8
0,10	-11,0	-6,0	-1,8	-0,1	-1,5	5,0
0,03	-11,0	-6,2	-2,6	-1,4	-1,0	0,1
0,00	-11,0	-6,3	-3,0	-2,0	-2,0	-2,0
-0,10	-13,0	-9,0	-9,0	-9,0	-9,0	-9,0
-0,20	-16,0	-16,0	-16,0	-16,0	-16,0	-16,0

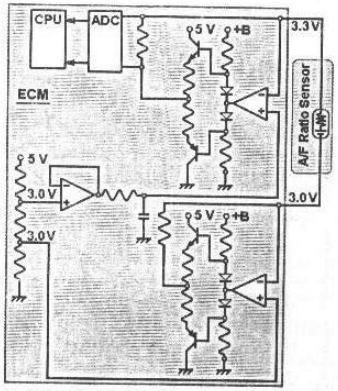


Рис. 6.13. Схема подключения сигнальных выводов датчика состава топливо-воздушной смеси.

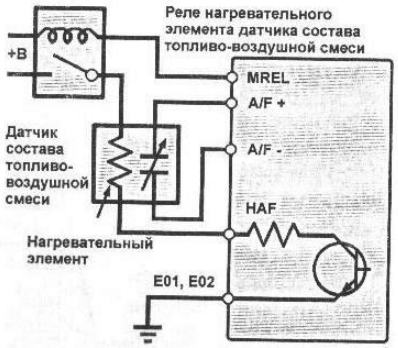


Рис. 6.14. Нагревательный элемент датчика состава топливо-воздушной смеси.

На рис. 6.13 представлена структурная схема подключения сигнальных выводов датчика состава смеси.

Для увеличения подвижности ионов кислорода значительно увеличена рабочая температура датчика состава топливо-воздушной смеси (от 650°С), которая ощутимо выше, чем у обычного кислородного датчика (400°С). Поэтому для его нагревания используется подогреватель большей мощности, на который подается модулированное по амплитуде напряжение и которым управляет ECM. После пуска холодного двигателя нагреватель уменьшает время прогрева датчика и, кроме этого, также не допускает охлаждения датчика при минимальном выпускном потоке (см. рис. 6.14).

Примечание: в системах с двумя датчиками напряжение на подогреватель подается через реле (A/F Relay).

На рис. 6.15 представлена осциллограмма напряжения на подогревателе. Максимальный ток подогревателя – более 6 А. Поэтому проверку этого датчика стоит начинать с измерения сопротивления подогревателя и напряжения на нем. При температуре 20°С его сопротивление составляет 0,8 – 1,4 Ома.

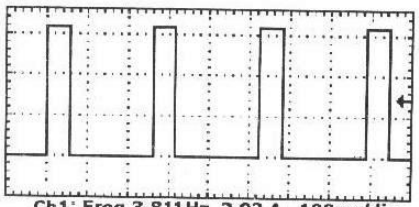


Рис. 6.15. Осциллограмма напряжения на подогревателе.

При неисправности датчика или нагревателя и электрических цепей его питания в памяти ECM записываются соответствующие коды самодиагностики.

Примечание: как и любой другой производитель, Toyota оставляет за собой право совершенствовать свою продукцию. Например, согласно сервисному бюллетеню EG009-99 "M.I.L. "ON" DTC P1133", в Camry (выпуска 1997-1999 гг.) и '99 Solara (выпуска 1999 г.) с двигателем 5S-FE "родной" датчик состава топливо-воздушной смеси (89467-33010) должен был заменен другим датчиком (89467-33011). Гарантия (бесплатная замена) распространялась в течение 36 месяцев или 80000 км.

Коды самодиагностики датчиков состава топливо-воздушной смеси

P0125 [1] - недостаточная температура для реализации управления с обратной связью по сигналу датчика состава топливо-воздушной смеси.

Этот код связан с напряжением датчика, хотя формально он указывает на недостаточную температуру двигателя для вхождения системы в режим замкнутой обратной связи (closed loop fuel control). Код устанавливается, если при прогретом двигателе напряжение датчика состава смеси не изменяется, по крайней мере, полторы минуты при следующих условиях:

- частота вращения коленчатого вала 1500 об/мин и более
- скорость автомобиля 40 - 100 км/час
- дроссельная заслонка не закрыта полностью (IDL – ON)
- спустя 140 секунд после запуска двигателя

P1130/1150 [*1 и *2] - неисправность электрических цепей и(или) неправильное функционирование датчика состава топливо-воздушной смеси (B1S1/B1S2).

Эти коды возникают, если напряжение на датчике остается постоянным в течение некоторого времени. При этом ECM проверяет исправность электрических цепей подключения, быстродействие и исправность нагревателя. Проверка осуществляется непрерывно, а не "один раз за поездку".

Примечание: результаты этой проверки не фиксируются в некоторых режимах диагностического оборудования (Mode 5). В режиме Mode 6 можно "ознакомиться с результатом" проверки.

Условия фиксирования* неисправности (кода):

- выходное напряжение датчика** более 3,8 В или менее 2,8 В при Х.Х. прогретого двигателя
- выходное напряжение датчика не изменяется (3,3 В) после запуска прогретого двигателя
- обрыв или замыкание электрических цепей датчика

* Напряжение на датчике изменяет ECM

** Если напряжение на датчике остается постоянным, то это может быть вызвано обрывом сигнального провода.

P1133/1153 [*1 *2] - недостаточное быстродействие датчика (B1S1/B1S2).

ECM проверяет (тестирует) быстродействие датчика, т.е. время отклика на изменение состава смеси. ECM проверяет временные характеристики датчика и сравнивает с записанными в памяти. При несоответствии показателей в память заносится соответствующий код. Проверка осуществляется:

- при полностью прогретом двигателе
- при частоте вращения коленчатого вала более 1400 об/мин
- при скорости автомобиля более 60 км/час

P1135/1155 *1 и *2, неисправность нагревателя датчика (B1S1/B1S2).

ECM проверяет состояние нагревателей всех датчиков кислорода и протекающий через них ток. Если обнаруживается слишком большой или малый ток, то в память записывается соответствующий код. При этом может быть записан и код P0125. Напомню, что ECM управляет длительностью импульсов подогрева. При нескольких датчиках напряжение питания на подогреватели подается через реле. Код записывается в память, если ток нагревателя более 8 А или менее 0,25 А.

Примечания:

**1: этот код может быть следствием другой неисправности.*

**2: дважды проверяется наличие неисправности.*

Первичная проверка датчика состава смеси заключается в измерении напряжения на его сигнальных проводах при включенном зажигании, но незапущенном двигателе (см. рис. 6.16). Естественно, в этой ситуации напряжение на электродах чувствительного элемента не изменяется. Проверка малоинформативная, но необходимая.



Рис. 6.16. Начальная проверка датчика состава топливо-воздушной смеси.

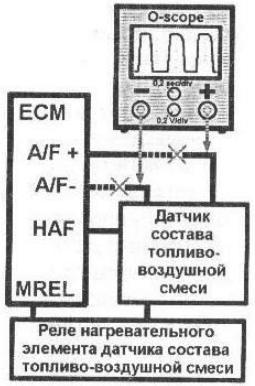


Рис. 6.17. Проверка датчика состава топливо-воздушной смеси.

Примечание: перед проведением нижеописанных тестов обязательно убедитесь в том, что у Вас есть возможность считать коды самодиагностики и очистить память кодов. ECM не может не заметить отключение сигнальных проводов этого датчика.

Считаю необходимым оговорить сразу, что не все из далее предложенных проверок изящны. Но что делать, если цены на сканеры данных достаточно высоки, да и стоимость датчика достаточно велика. Поэтому достоверность диагноза о необходимости замены датчика должна быть 100%. Кроме этого, напомню, что все описанные тесты должны проводиться при исправном и подключенном нагревательном элементе.

На рис. 6.18 показана выходная характеристика датчика при отключении от ECM его сигнальных проводов, т.е. при размыкании цепи протекания электрического тока. Таким образом, обедняя и обогащая смесь и проверяя при этом выходное напряжение датчика, можно провести проверку его исправности. В этой ситуации его выходное напряжение аналогично напряжению обычного кислородного датчика.

Эта проверка может быть проведена с помощью стрелочного вольтметра с достаточно большим входным сопротивлением, цифрового вольтметра с малым временем преобразования или, что еще лучше, с помощью осциллографа (см. рис. 6.17). Повторюсь, суть этой проверки заключается в том, что от датчика отсоединяются оба сигнальных провода и к ним подключается измерительный прибор. При этом обязательно должно быть обеспечено подключение нагревателя датчика.

После прогрева датчика на повышенных оборотах двигателя кратковременно снимается и глушится вакуумный шланг управления регулятором давления в топливной системе. Таким образом повышается давление в топливной системе и увеличивается количество топлива, т.е. обогащается топливо-воздушная смесь. Распыление топлива в воздуховод (после воздушного фильтра) является другим способом её обогащения. На рис. 6.19 представлен результат такой проверки при X.X. прогретого двигателя. Топливная смесь была обогащена дважды в течение 5 секунд. Пока количество топлива увеличено (богатая смесь), его выходное напряжение увеличивается до 1 В.

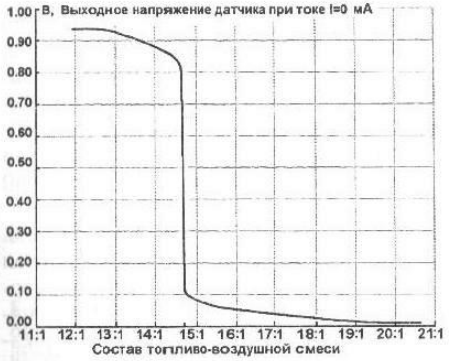


Рис. 6.18. Выходная характеристика датчика при отключении от ECM его сигнальных проводов.

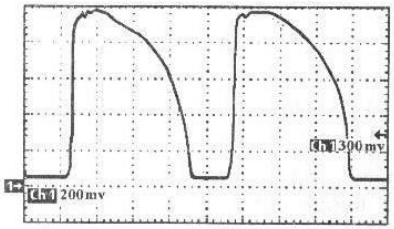


Рис. 6.19. Результат проверки при обогащении смеси, когда прогретый двигатель работает на режиме холостого хода.

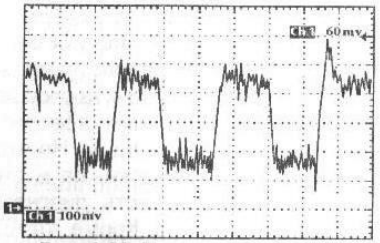


Рис. 6.20. Результат проверки при обеднении смеси, когда двигатель работает на режиме холостого хода.

В этом режиме (при отключении смещения за счет разрыва сигнальных проводов) широкополосный датчик практически ничем не отличается от обычного кислородного датчика и генерирует напряжение, величина которого зависит от состава смеси.

На рис. 6.20 показаны результаты такой же проверки выходного напряжения датчика. Отличие состоит в том, что для проведения этого теста при Х.Х. прогретого двигателя периодически отключалась и подключалась форсунка первого цилиндра. Это приводило к кратковременному обеднению смеси, что нашло свое отражение в уменьшении выходного напряжения с 60 до 20 милливольт. Этот тест особенно эффективен в системах с MAP датчиком.

Следующий тест позволяет провести количественную оценку его параметров. Для его проведения необходимо восстановить подключение датчика к ECM, но в разрыв сигнального провода "3,3 В" (контакт "A/F+") вставить быстродействующий цифровой амперметр (см. рис. 6.21). Прибор устанавливается в режим измерения постоянного тока на пределе 20 - 50 миллиампер.



Рис. 6.21. Подключение измерительного прибора при проверке выходного тока датчика.



Рис. 6.22. Определение состава топливо-воздушной смеси.

На рис. 6.23 и рис. 6.24 представлены результаты проверки. Изменение направления протекания тока очевидно.

Следующие пять графиков (snaphots) получены с помощью Fluke 867. Это почти оригинальное средство сканирования. Вертикальная шкала - ток датчика (в миллиамперах), по горизонтальной оси – время (в секундах). На графиках отображено изменение тока датчика во времени при разных режимах двигателя. В некотором смысле это альтернатива дилерскому сканеру данных при диагностике рассматриваемых в этой главе датчиках.

Примечание: в принципе аналогичные результаты могут быть получены и при измерении тока датчика обычным быстродействующим цифровым амперметром.



Рис. 6.23. Выходной ток датчика при обедненной смеси.



Рис. 6.24. Выходной ток датчика при обогащенной смеси.

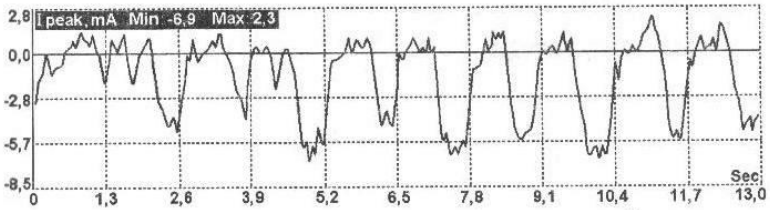


Рис. 6.25. Кратковременные резкие открывания дроссельной заслонки приводят к временному обогащению смеси и уменьшению тока датчика (до -6,9 мА), который таким образом реагирует на изменение состава смеси.

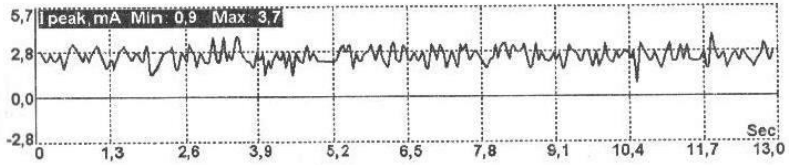


Рис. 6.26. Отключение одной форсунки, как и ожидалось, приводит к обеднению топливо-воздушной смеси. При этом средний ток датчика составляет примерно 2,8 мА. Добавлю, что при этом и напряжение на датчике увеличилось до 3,5 В. Напомню, что напряжение на датчике более 3,3 В - признак обедненной смеси.

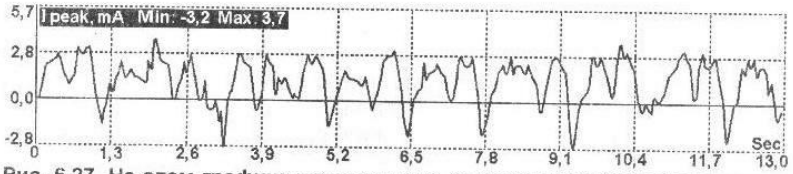


Рис. 6.27. На этом графике представлена реакция датчика (изменение его тока) при кратковременных и резких открываниях дроссельной заслонки. По-прежнему форсунка одного цилиндра отключена.

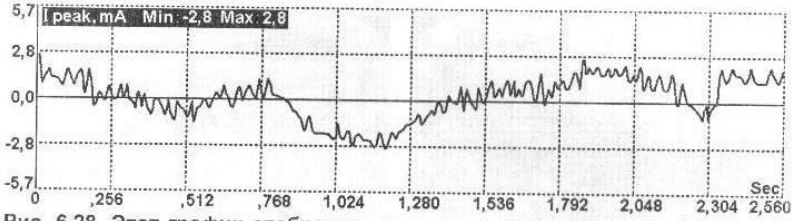


Рис. 6.28. Этот график отображает изменение выходного тока (в течение 2,56 секунд) при восстановлении подключения форсунки. Заметны колебания тока, которые есть результат попыток ECM восстановить контроль над составом смеси.

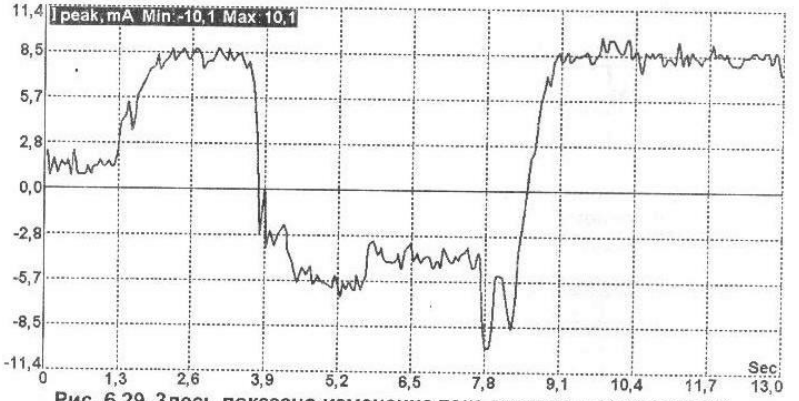


Рис. 6.29. Здесь показано изменение тока датчика при ускорении (до 15 км/час), а затем при замедлении автомобиля.

Безусловно, диагностика датчика состава топливо-воздушной смеси с помощью соответствующих инструментальных средств (диагностических сканеров данных) может намного облегчить его проверку и повысить её достоверность.

Таким образом, этот пока еще экзотический датчик можно диагностировать тремя способами.

Первый – с помощью сканеров, которые считывают из памяти ECM поток данных и отображают их на экране. При этом, к сожалению, пока еще не все сканеры абсолютно достоверно отображают некоторые его параметры.

Второй способ реализуется при разъединении сигнальных проводов датчика от ECM и подключении к ним осциллографа. При этом нагреватель обязательно должен быть подключен. Методика проверки такая же, как и у обычного кислородного датчика.

Третий способ заключается в измерении тока датчика при различных режимах двигателя с помощью амперметра, который подключается последовательно в разрыв сигнального провода "A/F+".

На этих графиках[2] (см. рис. 6.30) - результаты измерения напряжения на датчике (O2 B1S1 Voltage) при различном количестве воздуха, поступающего в цилиндры (AF Rate), т.е. при различной нагрузке на двигатель.

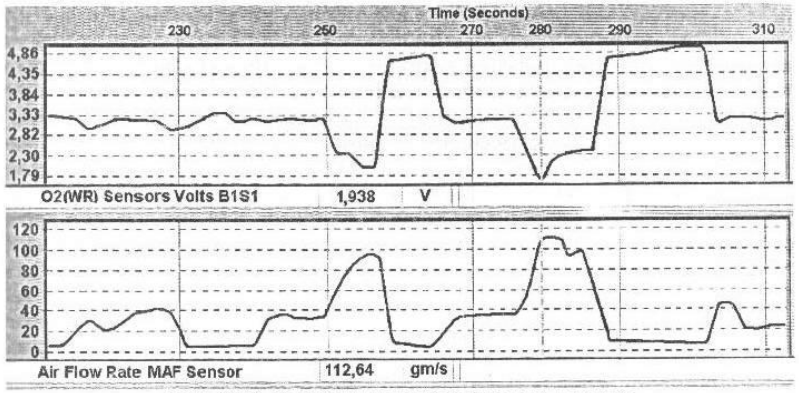


Рис. 6.30. Измерения напряжения на датчике при различной нагрузке на двигатель.

[2] Численные значения параметров соответствуют данным на 280 сек.

Приложение

Процедура переобучения компьютера[1].

Приведенная общая процедура используется для предотвращения проблем при эксплуатации автомобиля после разрядки аккумулятора или после его отключения.

Для уменьшения вероятности нареканий после выполнения работ, при выполнении которых потребовалось отключение аккумулятора, автомобиль должен быть обязательно проверен в движении и под нагрузкой.

Автомобили, оборудованные компьютерами (ECM) двигателя и трансмиссии, могут потребовать процедуру переобучения, после того как был отключен аккумулятор. Многие автомобильные компьютеры запоминают и хранят данные о текущем состоянии автомобиля для оптимизации эксплуатационных характеристик. Эти данные хранятся в энергозависимой памяти, поэтому отключение аккумулятора "возвращает" некоторые параметры в состояние заводских установок.

При отключении аккумулятора происходит стирание (очистка) памяти и ECM будет использовать значения "по умолчанию", то есть используются заводские установки до тех пор, пока параметры не будут откорректированы с учетом информации о текущем состоянии двигателя. Как только компьютер запомнит данные о работе автомобиля для каждого нового начального значения, работоспособность будет восстановлена. Это особенно важно для систем, которые используют электронное управление параметрами Х.Х. (ISC). Например, практически в любом автомобиле[2] корпус дроссельной заслонки, как и канал воздуха Х.Х. "несколько" загрязнены. Это уменьшает количество воздуха, которое поступает в цилиндры. Поэтому для поддержания необходимой частоты вращения коленчатого вала на режиме холостого хода клапан Х.Х. (или привод дроссельной заслонки) должен открываться на несколько большее количество шагов. Иными словами, в процессе адаптации ECM узнает о необходимости увеличения степени открытия клапана (или дроссельной заслонки), изменяет положение соответствующего исполнительного механизма и записывает новое значение в память. Автомобильные компьютеры могут адаптироваться в течение 40 или более поездок.

Владельцы автомобилей часто жалуются на ухудшение работоспособности автомобиля в течение стадии переобучения, потому что он работает не так, как до обслуживания (ремонта). В зависимости от типа и производителя автомобиля и того, как он оснащен, могут возникнуть следующие жалобы:

[1] Стирание кодов самодиагностики с помощью сканеров данных обычно не требует проведения адаптации ECM.

[2] Необходимость в адаптации практически всегда необходима после профилактики корпуса дроссельной, клапанов Х.Х., форсунок и т.п. Иногда степень загрязнения настолько велика, что ECM не в состоянии обеспечить нужный режим работы двигателя даже после адаптации.

- резкое или плохое переключение передач;
- низкие или нестабильные обороты холостого хода;
- перебои в работе двигателя;
- богатая или обедненная топливо-воздушная смесь;
- повышенный расход топлива.

Эти симптомы и жалобы должны устраниться после адаптации ECM и восстановления значений параметров после нескольких циклов вождения. Для уменьшения вероятности появления жалоб после выполнения работ, при которых требуется отключение батареи, автомобиль должен быть обязательно проверен в движении.

Если неизвестна специфичная процедура переобучения компьютера для Вашего автомобиля, можно использовать следующую общую процедуру:

Для автомобилей с автоматической трансмиссией

- Задействуйте стояночный тормоз, заведите двигатель в положении рычага переключателя передач "P" или "N". Прогрейте двигатель до нормальной рабочей температуры или до тех пор, пока не заработает вентилятор охлаждения. После работы полностью прогретого двигателя в режиме холостого хода (до десяти минут), удерживая нажатой педаль тормоза, переключите рычаг в положение "D" и повторите предыдущее действие.
- Снимите стояночный тормоз и разгоняйте автомобиль при нормальном положении дроссельной заслонки (20...50%) до тех пор, пока коробка последовательно не переключит все передачи.
- Продолжайте движение от легкого до среднего нажатия на педаль акселератора.
- Замедляйте автомобиль до полной остановки, позволяя автомату переключаться на нижнюю передачу и используя тормоз в нормальном режиме.

Желательно проделать эти действия дважды.

Для автомобилей с механической трансмиссией

- Переключите коробку в нейтральное положение.
- Убедитесь, что стояночный тормоз включен и все дополнительное оборудование выключено.
- Прогрейте двигатель до нормальной рабочей температуры.
- Дайте автомобилю поработать на холостых оборотах одну минуту.

Начальная процедура завершена. Полностью весь процесс переобучения будет завершен во время обычной эксплуатации автомобиля.

Некоторые производители определяют специфичную процедуру переобучения, которая поможет обеспечить приемлемую работоспособность в течение стадии переобучения.

Эта процедура особенно важна для автомобилей, которые оснащены автоматической коробкой передач с электронным управлением.

Всегда проводите эту процедуру перед возвратом машины клиенту.

Стандарты на содержание вредных веществ в отработавших газах автомобилей

Страна *, регион	CO, г/км	HC, г/км	NO_x, г/км	Пары топлива, г/тест
США, м.г. 1983 [1]	2,10	0,25	0,62	2,0
США, м.г. 1994	2,10	0,16	0,25	2,0
США, м.г. 2003	1,06	0,08	0,12	2,0
Калифорния, м.г. 1993	2,10	0,16	0,25	2,0
Калифорния, м.г. 1994 [2]	2,10	0,08	0,12	2,0
Калифорния, м.г. 1997 [3]	2,10	0,047	0,12	2,0
Калифорния, м.г. 1997 [4]	1,06	0,025	0,025	2,0
Калифорния, м.г. 2003 [5]	0 (!)	0 (!)	0 (!)	0 (!)
Австралия, 1997	2,10	0,26	0,63	2,0
Япония	2,10	0,25	0,25	2,0
Европа, бензиновые двигатели	CO, г/км	HC, г/км	NO_x, г/км	Пары топлива, г/тест
Euro I, 91/441/EEC, EU 12/1992	2,72	0,97 [6]		2,0
Euro I, 91/441/EEC, EU до 12/1992	3,16	1,13 [6]		2,0
Euro II, Gasoline, 94/12/EEC, EU 01/1997	2,20	0,50		2,0
Euro III, 98/69/EEC, EU 2001 (все модели) [7, 8]	2,30	0,20	0,15	2,0
Германия, D3 до 31.12.1999 Euro III с 01.01.2000	1,50	0,17	0,14	2,0
Euro IV, EU 2006 (все модели)	1,00	0,10	0,08	2,0
Германия, D4 с 31.12.2004	0,70	0,08	0,07	2,0

- Есть различия в методиках проведения проверок

[1] м.г. - модельный год

[2] Стандарт TLEV 10 % от всей объема выпуска

[3] Стандарт LEV 25 % от всей объема выпуска

[4] Стандарт ULEV 2 % от всей объема выпуска

[5] Стандарт ZEV 10 % от всей объема выпуска (при продаже более 3000 автомобилей в год)

[6] HC + NO_x

[7] Спустя 40 секунд после запуска

[8] С 2002 года дополняется проверкой при пуске холодного двигателя (начиная с температуры -7° C)

Расчет коэффициента состава топливо-воздушной смеси (Lambda Calculator)

Уравнение Бретшнайдера (Dr. J. Brettschneider) в настоящее время является фактически стандартным международным методом вычисления (расчета) состава топливно-воздушной смеси при проведении проверки автомобилей.

$$\lambda = \frac{[CO_2] + \left[\frac{CO}{2}\right] + [O_2] + \left[\left(\frac{Hcv}{4} \times \frac{3,5}{3,5 + \frac{[CO]}{[CO_2]}}\right) - \frac{Ocv}{2}\right] \times ([CO_2]+[CO])}{\left(1 + \frac{Hcv}{4} - \frac{Ocv}{2}\right) \times ([CO_2]+[CO]+K1\times[HC])}$$

Где

- **[NN]** = Концентрация соответствующего газа в % от объема
- K1 – коэффициент преобразования единиц измерения (для бензина, K1=6,0)
- Hcv – поправочный коэффициент для водорода, находящегося в топливе, равен почти 1,8 (в зависимости от фактического состава: 1,98 - для США; 1,7261 – для Европы)
- Ocv - поправочный коэффициент для кислорода, находящегося в топливе, равен 0,017 для насыщенного кислородом топлива (США) и 0,0176 (Европа). Для топлива, не насыщенного кислородом, Ocv=0,00

В результате расчета по содержанию остаточного кислорода и вредных выбросов отработавших газов определяется безразмерная величина, которая указывает состав смеси относительно стехиометрического состава топливно-воздушной смеси, при котором λ = 1,000. Например, если λ=1,01, то это признак смеси, обедненной относительно оптимального состава на 1 %. При λ=0,98 смесь обогащена на 2 %.

Весьма изящно выглядит результат[3] при программном расчете этого параметра (см. рис. 7.1).

Следует помнить, что различные утечки (например, негерметичность системы выпуска) могут исказить результат вычисления.

[3] Программа любезно предоставлена Jay Nardolillo (Jays Auto Service, CNCJ Manufacturing).

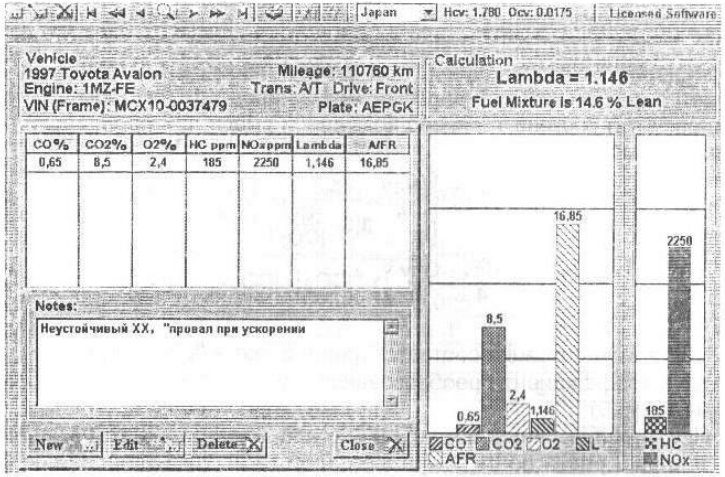


Рис. 7.1. Результаты программного расчета.

Коды[4] самодиагностики неисправности датчиков кислорода, считываемые с помощью индикатора "Check Engine" ("MIL") или светодиодного индикатора ECM

При отсутствии специального оборудования считывание кодов возможно другими способами: с использованием индикации неисправности (лампа "CHECK ENGINE" или "MIL"), разъема самодиагностики (с применением стрелочного вольтметра или светодиодного индикатора) или светодиодов, установленных в ECM.

Примечание: при появлении отдельных кодов неисправностей, указывающих на кислородный датчик, причиной неисправности может быть не сам датчик, а, например, неисправность регулятора давления топлива, форсунок, топливного насоса или других элементов топливной системы.

Следует помнить, что один и тот же код неисправности у одного производителя может означать разные неисправности. Например, у Mitsubishi для разных рынков код 21 может означать неисправность датчика температуры охлаждающей жидкости или же неисправность кислородного датчика.

Символ "*" в таблице указывает на то, что коды относятся к конкретной модели, отмеченной в таблице этим символом.

[4] Перечень кодов самодиагностики систем OBDII для каждого производителя автомобилей столь велик, что для их размещения необходима отдельная публикация.

Код	Описание
	BMW *(при подключении светодиода к ECM через breakout box)* **316i,318i, 320i, 325i (E36), Z3 1,8i, 518i, 525i (E36), 750i (E32), 850i (E31) 1987 – 2000 гг. выпуска**
1221, 2221	Кислородный датчик и его цепи
1222, 2222	Управление по кислородному датчику
1264, 2264	Реле нагревательного элемента кислородного датчика
	BMW 3 серии 1989-1990 гг.
2	Кислородный датчик
	CITROEN AX 1,0/1,1/1,4, C15 1,1/1,4 ZX 1,1/1,4/1,6/1,8/2,0 XM 2,0/3,0 1989-2001 гг. выпуска
31	Управление составом смеси (B1) (Fenix 4)
31	Управление составом смеси (кроме Fenix 4)
32	Управление составом смеси (B2) (Fenix 4)
32	Управление составом смеси (кроме Fenix 4)
51	Подогреваемый кислородный датчик (1)
63	Подогреваемый кислородный датчик (2)
64	Управление составом смеси (B2)
	Saxo 1,0/1,1/1,4/1,6; Berlingo 1,1/1,4/1,8 1996 – 98 гг. выпуска *Bosch Mono-Motronic MA3.1*
7	Управление составом смеси – богатая смесь
8	Управление составом смеси – бедная смесь
9	Подогреваемый кислородный датчик
	Magnetti Marelli 1AP/1AP20
7	Управление составом смеси
14	Управление составом смеси
17	Подогреваемый кислородный датчик
	Bosch Motronic MP5.1/5.2
8	Управление составом смеси
9	Подогреваемый кислородный датчик
	FORD Fiesta 1,1/1,3/1,4/1,6, Escort/Orion 1,3/1,4/1,6 1987 – 98 гг. выпуска * (Sierra 1,6/2,0/ 2,8, Granada/Scorpio 2,0/2,9 V6, Transit 2,0/2,9 V6)
28	Подогреваемый кислородный датчик – богатая смесь
29*	Подогреваемый кислородный датчик 2– богатая смесь
38	Подогреваемый кислородный датчик – бедная смесь
39*	Подогреваемый кислородный датчик 2– бедная смесь
91	Подогреваемый кислородный датчик – перепутаны разъемы

Код	Описание
Fiesta 1,6/1,8 16V, Escort/Orion 1,6/1,8 16V, Mondeo 1,6/1,8/2,0 16V, Mondeo 2,5 V6, Granada/Scorpio 2,9 V6 24V 1991 – 95 гг. выпуска * (Explorer 4,0 V6 1993 – 97)	
136	Подогреваемый кислородный датчик (B2S2)– бедная смесь
137	Подогреваемый кислородный датчик (B2S2)– богатая смесь
139	Подогреваемый кислородный датчик (B2S2)– богатая/бедная смесь
144	Подогреваемый кислородный датчик (B1S1)– богатая/бедная смесь
171	Подогреваемый кислородный датчик (B1S1)– достигнут предел регулирования
172	Подогреваемый кислородный датчик (B1S1)– бедная смесь
173	Подогреваемый кислородный датчик (B1S1)– богатая смесь
174	Подогреваемый кислородный датчик
175	Подогреваемый кислородный датчик (B2S2)– достигнут предел регулирования
176	Подогреваемый кислородный датчик (B2S2)– бедная смесь
177	Подогреваемый кислородный датчик (B2S2)– богатая смесь
178	Подогреваемый кислородный датчик
188*	Подогреваемый кислородный датчик (B2)– бедная смесь
189*	Подогреваемый кислородный датчик (B2)– богатая смесь
191*	Подогреваемый кислородный датчик (B2)– бедная смесь на режиме холостого хода
192*	Подогреваемый кислородный датчик (B1)– богатая смесь на режиме холостого хода
194	Подогреваемый кислородный датчик
195	Подогреваемый кислородный датчик
Sierra 1,8, Sierra 2,9 V6, Granada/Scorpio 2,4/2,9 V6 24V, Transit 2,9 V6 1986 – 95 гг. выпуска	
41	Подогреваемый кислородный датчик 1 (1-3 цил.)– богатая смесь
42	Подогреваемый кислородный датчик 1 (1-3 цил.)– бедная смесь
91	Подогреваемый кислородный датчик 2 (4-6 цил.)– богатая смесь
92	Подогреваемый кислородный датчик 2 (4-6 цил.)– бедная смесь
HONDA	
1	Неисправность датчика ("A") или электрических цепей
2	Неисправность датчика ("B") или электрических цепей
41	Неисправность нагревательного элемента переднего датчика B1S1
43	Неисправность системы подачи топлива или кислородного датчика
45	Излишнее обеднение или обогащение состава смеси
48	Неисправность датчика (LAF) или электрических цепей
61	Напряжение датчика 1 вне допустимого диапазона, малое быстродействие или неисправность нагревательного элемента
63	Напряжение датчика 2 вне допустимого диапазона, малое быстродействие или неисправность нагревательного элемента

Код	Описание
65	Неисправность нагревательного элемента или электрических цепей
67	Неисправность нейтрализатора или малая эффективность преобразования отработавших газов
LAND ROVER Discovery 3,5/3,9 Range Rover 3,9 1989 – 98 гг. выпуска	
44	Подогреваемый кислородный датчик (A)
45	Подогреваемый кислородный датчик (B)
MAZDA	
3	Кислородный датчик (Mazda 626 1983 г.,1985 г.)
5	Система обратной связи по сигналу датчика (Mazda 626 1986 г.)
15	Кислородный датчик (L) или нагревательный элемент
17	Кислородный датчик или система обратной связи
23	Кислородный датчик (R) или нагревательный элемент
24	Кислородный датчик не активирован
36	Нагревательный элемент правого кислородного датчика
37	Нагревательный элемент левого кислородного датчика
MERCEDES-BENZ	
190E & 300 серии (2,3 л) выпуска 1990-93 гг.	
5	Кислородный датчик
300 серии (2,8 л и 3,2 л) выпуска с 1991 г.	
2	Кислородный датчик
3	Неисправна система управления составом смеси
12	Обрыв или короткое замыкание в цепи нагревательного элемента
190E и 300 серии (2,6 л и 3,0 л) выпуска 1991-93 гг.	
5	Кислородный датчик
17	Кислородный датчик
22	Нагреватель кислородного датчика
C180/200/220/230/280 (202), E200/220/280/320 (124), S280/320 (140) выпуска 1993 – 2001 гг.	
9	Подогреваемый кислородный датчик 1– диапазон/уровень сигнала
10	Подогреваемый кислородный датчик 1– диапазон/уровень сигнала
11	Нагревательный элемент кислородного датчика 1– электр. цепь
12	Нагревательный элемент кислородного датчика 2– электр. цепь
13	Регулирование состава смеси – бедная/богатая смесь
20	Несоответствующий состав смеси (бедная/богатая) на режиме X.X.
MITSUBISHI	
11	Неисправность кислородного датчика
21	Неисправность кислородного датчика
59	Неисправность заднего кислородного датчика или его цепей
64	Малая эффективность каталитического преобразования

Код	Описание
	NISSAN
0114 / 0209	Отсутствует обратная связь по напряжению правого / левого датчика (избыточное обогащение)
0115 / 0210	Отсутствует обратная связь по напряжению правого / левого датчика (избыточное обеднение)
0142 / 0509	Большое напряжение переднего правого / левого датчика
0303 / 0503	Постоянно низкое напряжение переднего правого / левого датчика (< 0,3 В)
0307 / 0308	Отсутствие обратной связи по напряжению левого / правого датчика
0313 / 0314 / 0315	Задний датчик
0409 / 0413	Недостаточное быстродействие переднего правого / левого датчика
0410/ 0414	Обогащенная смесь (сигнал правого /левого датчика)
0411/ 0415	Обедненная смесь (сигнал правого /левого датчика)
0412	Передний датчик
0510	Малое напряжение заднего датчика
0511 / 0512	Большое напряжение заднего датчика
0702	Неисправность нейтрализатора
0707/ 0708	Недостаточное быстродействие заднего датчика
0901 / 1001	Нагреватель правого / левого переднего датчика
0902 / 1002	Нагреватель правого / левого заднего датчика
33	Кислородный датчик или эл. цепи (модели 1986-89 г.в.)
33	Левый кислородный датчик (модели 1990-95 г.в.)
53	Правый кислородный датчик (модели 1990-95 г.в.)

Код	Описание
	OPEL **Corsa/ Astra/ Vectra/ Tigra выпуска 1988 – 95 гг.** *** (Astra/ Vectra/Omega-B/Calibra выпуска 1993 – 96 гг.)**
13	Подогреваемый кислородный датчик – обрыв цепи
38*	Подогреваемый кислородный датчик – бедный состав смеси
39*	Подогреваемый кислородный датчик – богатый состав смеси
44	Подогреваемый кислородный датчик –бедный состав смеси
45	Подогреваемый кислородный датчик – богатый состав смеси
	PEUGEOT
31	Управление составом смеси
32	Управление составом смеси
51	Подогреваемый кислородный датчик
52	Управление составом смеси

Код	Описание
	ROVER
1	Подогреваемый кислородный датчик
2	Подогреваемый кислородный датчик (модели с каталитическим нейтрализатором)
41	Подогреваемый кислородный датчик – цепь нагревателя
	SAAB **900 2,0 16V /2,1 16V модели 1984 – 93 гг. выпуска**
12111	Подогреваемый кислородный датчик – на холостом ходу
12112	Подогреваемый кислородный датчик – при работе
12223	Бедная смесь
12224	Богатая смесь
12225	Подогреваемый кислородный датчик
13223	Бедная смесь
13224	Богатая смесь
13225	Подогреваемый кислородный датчик
	900 2,0/2,3/2,5; 9-3 2,0/2,3 модели выпуска 1993 – 2000 гг.
61	Подогреваемый кислородный датчик
62	Подогреваемый кислородный датчик
71	Богатая/бедная смесь – цилиндры 1-3-5
72	Богатая/бедная смесь – цилиндры 2-4-6
72	Богатая/бедная смесь – длительное время (Motronic 2.10.3)
73	Богатая/бедная смесь – кратковременно
	900 2,0 Turbo; 9000 2,0 Turbo; 9000 2,3 Turbo; 9000 2,3 Aero модели выпуска 1993 – 98 гг.
6	Подогреваемый кислородный датчик
7	Богатая/бедная смесь
	TOYOTA
5	Кислородный датчик, нагреватель или соответствующие электрические цепи (система EFI, 1983-88 г.в.)
21	Кислородный датчик, нагреватель или электрические цепи
25	Обедненный состав топливо-воздушной смеси
26	Обогащенный состав топливо-воздушной смеси
27	Неисправность цепей датчика B1S2
28	Неисправность цепей датчика B2S1
29	Неисправность цепей датчика B21S2
	VOLVO
113	Богатая/бедная смесь
212	Подогреваемый кислородный датчик
221	Бедная смесь – на частичной нагрузке
231	Богатая/бедная смесь – на частичной нагрузке
232	Богатая/бедная смесь – на холостом ходу

Примечание: некоторые системы OBDII после введения в соответствующий режим, сообщают (транслируют) SAE-codes миганием лампы "Check Engine" ("MIL"). Т.е. вспышки лампы состоят из трех и более "посылок", которые трудно НЕ перепутать с обычными миганиями.

Примечание: после считывания кодов самодиагностики некоторой внимательности требует их идентификация. Так как система самодиагностики OBD II постоянно развивается, и, кроме этого, производителями оставлена некоторая степень свободы в определении так называемых "Manufacturers codes", то, например, код P1130 идентифицируется для автомобилей разных производителей по-разному (см. таблицу). Поэтому для однозначного определения всегда обращайтесь к "оригинальному" руководству по ремонту Вашего автомобиля.

Марка	Определение кода P1130 (codes definition)
Audi	Обедненная смесь (B2S1)
Ford	Состав смеси вне допустимого диапазона (S1B1)
Infiniti	Неисправность вакуумного переключающего клапана (Swirl)
Lexus	Неисправность электрических цепей и(или) неправильное функционирование датчика состава топливо-воздушной смеси (B1S1)
Mazda	Недопустимый состав топливо-воздушной смеси (передний правый датчик S1B1)
Nissan	Неисправность вакуумного переключающего клапана (Swirl)
Porsche	Неисправность кислородного датчика 4-6 цилиндров
Saab	Неверная адаптация кислородного датчика (B2S1)
Subaru	Обрыв сигнального провода датчика состава топливо-воздушной смеси (B1S1)
Toyota	Неисправность датчика состава смеси и(или) его электрических цепей
Volkswagen	Долговременная коррекция состава топливо-воздушной смеси (излишнее обеднение) B2S1

Цвета проводов кислородных датчиков

Определить назначение проводов, с помощью которых кислородный датчик подключается к ECM, несложно. Напомню, что чаще всего используются 1-, 2-, 3-, 4-контактные датчики. Возможные варианты цветовой маркировки и назначения выводов кислородных датчиков различных производителей смотрите в таблице 1.

Одноконтактный датчик, естественно, подключается одним проводом, и обязательно экранированным. Оплетка (экран) обычно заканчивается в нескольких сантиметрах от разъема.

Таблица 1.

Автомобиль	Фирма	Количество проводов				Назначение
		1	2	3	4	
ALFA-ROMEO	BOSCH	Black		Black	Black	Сигнал +
					Gray	Сигнал -
				White	White	Нагреватель
				White	White	Нагреватель
AUDI & VW	BOSCH	Black		Black	Black	Сигнал +
					Gray	Сигнал -
				White	White	Нагреватель
				White	White	Нагреватель
BMW	BOSCH	Black		Black	Black	Сигнал +
					Gray	Сигнал -
				White	White	Нагреватель
				White	White	Нагреватель
CHRYSLER	DENSO	Black	Blue		Blue	Сигнал +
			White		White	Сигнал -
					Black	Нагреватель
					Black	Нагреватель
	DELPHI	Violet				Сигнал +
	BOSCH	Black				Сигнал +
FORD	BOSCH	Black		Black	Black	Сигнал +
					Gray	Сигнал -
				White	White	Нагреватель
				White	White	Нагреватель
	DENSO	Black		Blue		Сигнал +
				Black		Нагреватель
				Black		Нагреватель
	NGK	Black				Сигнал

Автомобиль	Фирма	Количество проводов				Назначение
		1	2	3	4	
GM	DELPHI	Violet	Violet	Violet	Violet	Сигнал +
			Pink		Pink	Сигнал -
				Brown	Brown	Нагреватель
				Brown	Brown	Нагреватель
	DENSO	Black	Blue	Blue	Blue	Сигнал +
			White		White	Сигнал -
				Black	Black	Нагреватель
				Black	Black	Нагреватель
	BOSCH	Black		Black	Black	Сигнал +
					Gray	Сигнал -
				N/A	White	Нагреватель
				N/A	White	Нагреватель
	Autolite	Black				Сигнал +
HONDA	DENSO	Black			Blue	Сигнал +
					White	Сигнал -
					Black	Нагреватель
					Black	Нагреватель
					White	Сигнал +
					Green	Сигнал -
					Black	Нагреватель
					Black	Нагреватель
	NGK	Black			White	Сигнал +
					Green	Сигнал -
					Black	Нагреватель
					Black	Нагреватель
	DELPHI	Violet				Сигнал +
HYUNDAI	KEFICO		Black	Black	Black	Сигнал +
			Gray		Gray	Сигнал -
				White	White	Нагреватель
				White	White	Нагреватель
	DENSO	Black				Сигнал +
ISUZU	DENSO	Black		Blue	White	Сигнал +
					Blue или Green	Сигнал -
				Black	Black	Нагреватель
				Black	Black	Нагреватель

Автомобиль	Фирма	Количество проводов				Назначение
		1	2	3	4	
ISUZU	DELPHI	Violet		Violet		Сигнал +
						Сигнал -
				Brown		Нагреватель
				Brown		Нагреватель
	BOSCH			Black		Сигнал +
						Сигнал -
				White		Нагреватель
				White		Нагреватель
JAGUAR	BOSCH			Black		Сигнал +
						Сигнал -
				White		Нагреватель
				White		Нагреватель
	DENSO		Blue		Blue	Сигнал +
			White		White	Сигнал -
					Black	Нагреватель
					Black	Нагреватель
KIA	DENSO		Blue		Blue	Сигнал +
			White		White	Сигнал -
					Black	Нагреватель
					Black	Нагреватель
	BOSCH			Black	Black	Сигнал +
					Gray	Сигнал -
				White	White	Нагреватель
				White	White	Нагреватель
MAZDA	DENSO			Blue	Blue	Сигнал +
					White	Сигнал -
				Black	Black	Нагреватель
				Black	Black	Нагреватель
	BOSCH				Black	Сигнал +
					Gray	Сигнал -
					White	Нагреватель
					White	Нагреватель
MERCEDES-BENZ	BOSCH			Black	Black	Сигнал +
					Gray	Сигнал -
				White	White	Нагреватель
				White	White	Нагреватель

Автомобиль	Фирма	Количество проводов				Назначение
		1	2	3	4	
MITSUBISHI	DENSO			Blue	Blue	Сигнал +
					White	Сигнал -
				Black	Black	Нагреватель
				Black	Black	Нагреватель
	BOSCH				Black	Сигнал +
					Gray	Сигнал -
					White	Нагреватель
					White	Нагреватель
NISSAN	U-JECS	Green		Black		Сигнал +
						Сигнал -
				White		Нагреватель
				White		Нагреватель
	U-JECS			Black		Сигнал +
						Сигнал -
				Red		Нагреватель
				White		Нагреватель
	BOSCH			Black		Сигнал +
						Сигнал -
				White		Нагреватель
				White		Нагреватель
PORSCHE	BOSCH	Black		Black	Black	Сигнал +
					Gray	Сигнал -
				White	White	Нагреватель
				White	White	Нагреватель
RENAULT	BOSCH	Black		Black	Black	Сигнал +
					Gray	Сигнал -
				White	White	Нагреватель
				White	White	Нагреватель
	Autolite	Black				Сигнал +
SAAB	BOSCH	Black		Black	Black	Сигнал +
					Gray	Сигнал -
				White	White	Нагреватель
				White	White	Нагреватель

Автомобиль	Фирма	Количество проводов				Назначение
		1	2	3	4	
SUBARU	U-JECS	Green		Black		Сигнал +
						Сигнал -
				White		Нагреватель
				White		Нагреватель
	U-JECS	Red или Orange		Black		Сигнал +
				Red		Нагреватель
				White		Нагреватель
	BOSCH			Black		Сигнал +
				White		Нагреватель
				White		Нагреватель
	DENSO	Black				Сигнал +
SUZUKI	DENSO	Black			Blue	Сигнал +
					White	Сигнал -
					Black	Нагреватель
					Black	Нагреватель
	DELPHI	Violet		Violet		Сигнал +
				Brown		Нагреватель
				Brown		Нагреватель
TOYOTA	DENSO	Black	Blue	Blue	Blue	Сигнал +
			White		White	Сигнал -
				Black	Black	Нагреватель
				Black	Black	Нагреватель
	DENSO		Black			Сигнал +
			White			Сигнал -
VOLVO	BOSCH	Black		Black	Black	Сигнал +
					Gray	Сигнал -
				White	White	Нагреватель
				White	White	Нагреватель

Black - черный
Blue - синий
Brown - коричневый
Gray - серый
Green - зеленый
Red - красный
Orange - оранжевый
Violet - фиолетовый
White - белый

Терминология

Air/Fuel Ratio Sensor - датчик состава топливо-воздушной смеси.

Base fuel schedule – базовые установки подачи топлива. Запрограммированные в памяти ECM (ЭППЗУ) параметры состава топливо-воздушной смеси. Могут изменяться (корректироваться) с помощью сканеров данных или в процессе адаптации (самообучения) ECM при эксплуатации автомобиля.

Basic injection duration – базовое время впрыска.

Battery voltage correction - коррекция длительности впрыска по напряжению бортовой сети.

Calculated Load Value (CLV) - значение расчетной нагрузки. Нагрузка на двигатель, которая определяется в процентах от максимально возможной. В бензиновых двигателях обычно рассчитывается как отношение воздушного потока в настоящий момент к максимально возможному потоку, иногда с учетом атмосферного давления в настоящий момент. При Х.Х. прогретого двигателя обычно 15-23 (%).

California Air Resources Board (CARB) - основной разработчик стандартов OBD-II.

Catalityc Convertor - каталитический нейтрализатор отработавших газов.

Carbon Dioxide (CO2) - двуокись кислорода. Безвредный газ, количество которого возрастает при оптимальном составе смеси.

Carbon Monoxide (CO) - окись углерода, результат неполного сгорания топлива в условиях недостаточного количества кислорода (обогащенная смесь).

Check Engine (MIL) - индикатор на комбинации приборов, включение которого при работающем двигателе является признаком обнаружения системой самодиагностики неисправности. При особенно критических состояниях эта лампа мигает.

Closed Mode - режим системы впрыска с замкнутой обратной связью по данным (напряжению или току) датчиков содержания кислорода в отработавших газах.

Confirmed fault code - "Подтвержденные коды неисправности" определяются как диагностические коды, сохраненные в памяти системы самодиагностики (OBD II) после нескольких циклов считывания и которые существуют в настоящий момент. При таких кодах обязательно включается лампа "Check Engine".

Computer Relearn Procedures - процедура самообучения (адаптации) ECM.

Data Link Connector (DLC) - стандартный диагностический разъем для подключения диагностического оборудования. Через этот разъем осуществляется обмен данными между ECM и диагностическим оборудованием.

Data Stream - поток данных. Информация о состоянии исполнительных узлов, систем и датчиков, а также их конкретные значения в настоящий момент.

Deceleration - снижение частоты вращения коленчатого вала. Примерный аналог определения "принудительный Х.Х.", которое обозначает ситуацию при отпущенной педали газа, но еще достаточно высокой частоте вращения.

Deceleration Fuel Cut - отключение подачи топлива при замедлении. Для избежания чрезмерного обогащения топлива при отпущенной педали акселератора ECM прекращает его подачу. Частота вращения коленчатого вала, при которой подача топлива возобновляется, зависит от температуры, нагрузки, положения педали тормоза.

Downstream oxygen sensor - кислородный датчик, который размещен после каталитическим нейтрализатором.

Electronic Control Module (ECM) - электронный блок управления.

Engine misfire - этот термин обозначает пропуск вспышки (недостаток горения) в цилиндре (-ах) из-за отсутствия искры, бедного состава топливо-воздушной смеси, низкой компрессии или любой другой причины. Это не относится к двигателям с отключением неактивных цилиндров, т.е. использующих алгоритм изменения мощности в зависимости от нагрузки на двигатель. Этот термин практически совпадает по значению с определением "двигатель троит".

Emission standarts - стандарты, определяющие предельные нормы содержания вредных веществ в отработавших газах, методики их проверки, способы снижения, количество и "качество" автомобилей, подлежащих сертификации, сроки и "география" их внедрения. Различают несколько наиболее "требовательных" стандартов:

- Transitional Low Emission Vehicle (TLEV)
- Low Emission Vehicle (LEV)
- Ultra Low Emission Vehicle (ULEV)
- Super Ultra Low Emission Vehicle (SULEV).

Environmental Protection Agency - агентство по защите окружающей среды. Один из ведущих разработчиков требований, стандартов, протоколов испытаний автомобилей, направленных на снижение токсичности отработавших газов.

Evaporative Emission Control System (VAP) - система улавливания паров топлива. До 20% выбросов углеводорода (HC) на автомобилях порождаются при испарении. Система EVAP предназначена для уменьшения выбросов HC за счет их улавливания и "доставки" во впускной коллектор в режиме замкнутой обратной связи.

Fault memory - область памяти ECM, в которую заносится вся информация об обнаруженных неисправностях. Включает в себя коды самодиагностики, "замороженные данные", состояние лампы MIL.

Federal Test Procedure (FTP) test - перечень и описания методик проверки состава отработавших газов автомобилей.

Freeze Frame – "замороженные данные". Перечень данных о параметрах соответствующих систем автомобиля при возникновении неисправности. Значения этих параметров записываются в память блока управления и могут быть считаны при проведении диагностики.

Fuel Trim (FT) - топливный баланс. Параметр количества топлива при замкнутой обратной связи. При положительном значении (более 0%) указывает в % насколько увеличивается количество топлива относительно базового уровня, т.е. насколько увеличена длительность импульсов открывания форсунок. Если его величина отрицательна (менее 0%), то это признак уменьшения количества топлива. Отклонение на величину более ± 10 % является поводом для проверки состояния системы.

Обычно различают:

- **Short Term Fuel Trim (Short FT, SFT)** - кратковременный топливный баланс. Кратковременная коррекция состава топливо-воздушной смеси в зависимости от сигналов датчиков содержания кислорода в отработавших газах.
- **Long Term Fuel Trim (Long FT, LFT)** - долговременный топливный баланс. Характеристика состава смеси, которая используется для того, чтобы скомпенсировать постоянное отклонение кратковременного топливного баланса.

Heated Oxygen Sensors - кислородный датчик с подогревателем.

I/M Tests - проверки и эксплуатационные тесты; тесты эмиссий машины согласно государственными требованиями. Некоторые общие типы I/M тестов включают:

- **No-Load** - тест, при котором проверяется содержание HC (ppm) и CO (%) без нагрузки на двигатель (при Х.Х. и при удвоенной частоте вращения холостого хода).
- **Acceleration Simulation Mode (ASM)** - имитационный режим ускорения. Нагрузочный режим статических тестов, при котором измеряется содержание HC, CO и NO_x при проверке на динамометрическом стенде при постоянной скорости и нагрузке. Различают несколько модификаций: ASM5015, ASM2525.
- **IM240** - нагрузочный тест. Дважды проверяется содержание HC, CO, CO, и NO_x в граммах на км в секунду. При этом автомобиль управляется в различных скоростях и нагрузках в течение 240 секунд. Имеет аналог - тест BAR31 (проверка в течение 31 секунды).

Learned value mode - режим адаптации (коррекции) топливного баланса, при котором ECM корректирует базовые значения с учетом нынешнего состояния двигателя.

Live data - аналог **Data Stream.**

Management time constant - постоянная времени системы управления количеством топлива. Характеризует время анализа данных кислородного датчика и время реакции двигателя на её изменение.

O2S - датчик содержания остаточного кислорода в отработавших газах, по сигналам которого ECM определяет состав топливо-воздушной смеси. По названию датчика определяется и место его расположения. Для датчиков с нагревательным элементом используется обозначение **Heated O2 Sensor (HO2S)**.

Различают несколько типов этих датчиков:

- **Oxygen Sensors** - кислородные датчики
- **Sensors Lean Mixture** - датчики обедненной смеси
- **Air/Fuel Ratio Sensors** - датчики состава топливо-воздушной смеси

O2B1S1 (Bank 1, Sensor 1) - кислородный датчик (часть блока 1, датчик 1), который расположен на стороне первого цилиндра (для V-образных двигателей, 4- и 6-цилиндровых с разделенной системой выпуска) и до нейтрализатора (upstream oxygen sensor).

O2B1S2 (Bank 1, Sensor 2) – датчик, расположенный после каталитического нейтрализатора (часть блока 1, датчик 2).

O2B2S1 (Bank 2, Sensor 1) - датчик аналогичный B1S1, но расположен в другом фрагменте системы выпуска и тоже до нейтрализатора (часть блока 2, датчик 1).

O2B2S2 (Bank 2, Sensor 2) - датчик, аналогичный B1S2 (часть блока 2, датчик 2).

Perc load - процент нагрузки. Нагрузка на двигатель, которая выражается в процентах от максимальной. При этом 0% соответствует отсутствию нагрузки (двигатель не работает). Эта величина вычисляется ECM на основании других параметров.

Response rate - показатель быстродействия кислородного датчика. Характеризует время задержки переключения датчика из состояния бедной смеси к богатой и наоборот после изменения ECM коэффициента состава смеси.

Stoichiometric ratio - стехиометрический состав топливо-воздушной смеси, который характеризует отношение воздух/топливо, равное 14,7 : 1.

Three Way Catalytic Converter (TWC) - трехкомпонентный каталитический нейтрализатор отработавших газов. Применяется для снижения содержания HC, CO и NO_x.

Titania Element Type Oxygen Sensor - кислородный датчик на основе двуокиси титана.

Upstream oxygen sensor - кислородный датчик, который расположен до каталитического нейтрализатора.

Литература

1. Морозов К.А. Токсичность автомобильных двигателей: - М.: Легион-Автодата, 2001. – 79 с.
2. Пинский Ф.И. и др. Микропроцессорные системы управления автомобильными ДВС. - М.: Легион-Автодата, 2002. – 136 с.
3. Гирявец А.К. Теория управления автомобильным бензиновым двигателем. - М.: Стройиздат, 1997. – 173 с.
4. Система Компьютерного Управления "Тойота". Учебное пособие. Том 1. Overseas Service Division. TOYOTA MOTOR CORPORATION.
5. Asian Imports Troubleshooter, Snap-on Incorporated, Sixth Edition. - 1998. T.H. Robert Jones. Toyota Workshop Manual, Haynes PG, Newbury, USA
6. Toyota/Lexus Training Material, Toyota Motor Sales, USA Inc.
7. Hiroshi Inagaki, Takafumi Oshima и др. "NOx Meter Utilizing ZrO 2 Pumping Cell". SAE paper 980266, 1998.
8. Kazuya Mizusawa, Kazunori Katoh (Toyota Motor Corp.), Hidetaka Hayashi (Denso Corp.) and Shinji Hocho (Nippon Soken Inc.). "Development of Air Fuel Ratio Sensor for 1997 Model Year LEV Vehicle". SAE paper 970847, 1998.
9. J. Tornton. Toyota WRAF Sensor, 2003.
10. T.Kamo, Y.Chujo, T.Akatsuka, J.Nakano, M.Suzuki. "Lean Mixture Sensor", SAE paper 850380, 1985.
11. J. Brettschneider "Bosch technische Berichte", Vol 6 (1979) No. 4, Pgs 177-186.
12. John W. Bozek, Richard Evans, "Operating Characteristics of Zirconia Galvanic Cells (Lambda Sensors) in Automotive Closed-Loop Emission Control Systems". SAE paper 920289, 1992.
13. Shigeo Soejima and Shunzo Mase, SAE Paper No. 850378, 1985.
14. Sadayasu Ueno, Norio Ichikawa, Seiko Suzuki and Kazuyoshi Terakado, SAE Paper No. 860409, 1986.
15. Jay Nardolillo (Jays Auto Service, CNCJ Manufacturing). Lambda Graph Calculator, 2003.
16. Grant Swaim, "Lean Air Fuel Sensor", Tech-two-Tech's Bayside Information System, 2002.
17. Toyota Repair Manual Supplemental for Emission Control System (for Europe and General), Pub. No. RM51_E.

Содержание

Вступление 3

1. Датчики содержания кислорода "Oxygen Sensor" 4

Циркониевые кислородные датчики 4

Титановые кислородные датчики 11

Диагностика (проверка) кислородных датчиков 13

Замена оригинальных кислородных датчиков 25

2. Датчики кислорода и каталитический нейтрализатор 27

3. Расчет базовой длительности впрыска (подачи топлива) 35

Расчет базовой длительности впрыска 35

Топливный баланс и обратная связь по составу отработавших газов 37

Влияние топливного баланса на продолжительность впрыска топлива 38

Теория и практика проверки Vf-напряжения 43

Имитатор кислородного датчика и проверка напряжения Vf 49

4. Датчики обедненной смеси Honda 54

Описание и принцип работы 54

Управление LAF Датчиком 55

Проверка LAF датчиков 59

5. Датчики обедненной смеси ("Lean mixture sensors") 62

Общее описание и принцип действия 62

Примеры диагностики датчиков обедненной смеси 66

6. Широкополосные кислородные датчики Toyota (Wide Range Air/Fuel Sensor) 71

Приложения 86

Процедура переобучения компьютера 86

Стандарты на содержание вредных веществ в отработавших газах автомобилей 88

Расчет коэффициента состава топливо-воздушной смеси (Lambda Calculator) 89

Коды самодиагностики неисправности датчиков кислорода, считываемые с помощью индикатора "Check Engine" ("MIL") или светодиодного индикатора ECM 90

Цвета проводов кислородных датчиков 97

Терминология 102

Литература 106

Издательство "Легион-Автодата"

Иркутск
Авторынок "ЗНАМЕНСКИЙ", павильон №100
Магазин "Мир Авто", ул. Фурье д.4А,
павильон №16
тел. 59-54-36

Комплекс Автопавильонов "Меридиан"
ул. Трактовая, павильон №22 тел. 43-86-32

Киров
тел. (8332) 35-71-93,
E-mail: temp@avto.kirov.ru

Красноярск
ул. Ленина д.28. Магазин "Эрудит",
тел. 27-62-50
E-mail: limis@online.ru

Минск
Центральный автомобильный рынок ЗАО
"Торговый мир КОЛЬЦО",
желтые киоски №41 и №138
тел. + 375-296-74-26-14, + 375-296-72-88-21
E-mail: alkub@nsys.by

Новороссийск
Анапское шоссе д.18
гостиница "Бригантина", офис 227
тел. (8617) 611-807, 8-918-483-0-163

Новосибирск
"Топ-книга", ул. Арбузова д.1/1,
тел.(383-2) 36-10-26, 36-10-27
E-mail: office@top-kniga.ru

Центр запасных частей "Гранд-Авто",
ул. Петухова д.51, павильон 4
тел. (383-2) 35-00-39

Оренбург
Тел. (3532) 41-15-13
E-mail: takmak@relay.esoo.ru

Петропавловск-Камчатский
Авторынок "На высотной"
2-й демонстрационный зал

Самара
ул. Чкалова д.100.
тел. (8462) 37-02-14, 42-96-28,
тел. (8462) 42-96-29, 42-96-30, 42-96-22
E-mail: chaconne@samaramail.ru

Санкт-Петербург
"Альфамер Паблишинг",
Лиговский проспект д.33.
тел./факс (812)275-3327
тел. (812) 277-2788

Санкт-Петербург
"Мир книги", ул. Савушкина д.20
тел. (812) 430-69-33,
E-mail: m-a-k@mail.ru

Сургут
Ул. Югорская д.32, тел. 26-13-56
E-mail: zlt@surgut.ru

Улан - Удэ
"Монро - Сервис", тел. (3012) 21-42-12
E-mail: kurant@burnet.ru

Хабаровск
ул. Волочаевская д.176
тел. (4212) 32-47-41

ул. К. Маркса, д.128, тел. (4212) 27-70-71
E-mail: dkniga@pop.redcom.ru

Индустриальная д.1Б
ТЦ "Универсал", пав. №13
тел. (4212) 36-70-62

ул. Воронежская д.138
м-н "Трак-Авто"
тел. (4212) 64-52-48

Харьков
"Автоинформ"
тел. (0572) 72-32-77, 17-04-71

Челябинск
Магазин "Товары для дома"
ул. Энгельса д.65
Авторынок "Искра"

Ю. Сахалинск
тел.(4242) 55-84-45
E-mail: avtostyle_sakh@mail.ru

Якутск
ул. Ярославского д.16/1
тел. (4112) 24-10-30, 24-20-47
E-mail: evax@mail.sakha.ru

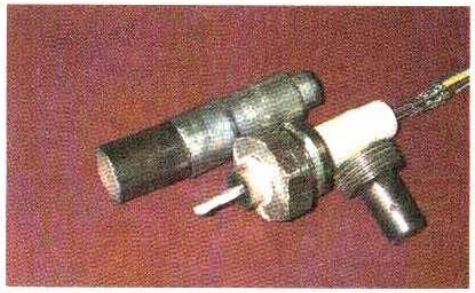


Рис. 4.1б. Датчик обедненной смеси Honda (глава 4 "Датчики обедненной смеси Honda").



Рис. 1.24. Датчики кислорода с различной конструкцией чувствительного элемента и защитного кожуха (глава 1 "Датчики содержания кислорода ("Oxygen Sensor")").